



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“Evaluación de los niveles de ruido para la elaboración de un mapa acústico
diurno del Centro Histórico de Trujillo, 2017.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR

MORALES JIMÉNEZ, LIDSAY CLARIZA

ASESOR

Ms. MEJÍA PARDO DANNY SOREL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

TRUJILLO – PERÚ

2017

Índice General

Resumen	5
Abstract	6
I. Introducción	7
1.1. Realidad problemática.....	7
1.2. Trabajos previos.....	8
1.3. Teorías relacionadas al tema	10
1.3.1. Ruido ambiental.....	10
1.3.2. Mapa de ruido.....	16
1.4. Formulación del problema.....	19
1.5. Justificación del estudio	19
1.6. Hipótesis	20
1.7. Objetivos	20
1.7.1. Objetivo general.....	20
1.7.2. Objetivos específicos.....	20
II. Método.....	21
2.1. Fases del proceso	21
2.2. Tipo de estudio.....	23
2.3. Diseño de investigación	23
2.4. Variables, operacionalización.....	24
2.5. Población y muestra.....	25
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad....	25
2.7. Métodos de análisis de datos	25
2.8. Aspectos éticos	27
III. Resultados.....	27
IV. Discusión	34
V. Conclusiones	39
VI. Recomendaciones.....	40
VII. Referencias	41
Anexos	44

Índice de Cuadros

Cuadro N° 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.....	13
Cuadro N° 2. Valores Límite en el Medio Ambiente Exterior	13
Cuadro N° 3. Nivel de ruido con su respectivo color propuesto por la ISO 1996:2-1987.	17
Cuadro N° 4. Intervalos de tiempo en Horario Diurno	22
Cuadro N° 5. Promedio energético de las mediciones de los niveles de ruido generados al día en cada uno de los puntos de monitoreo del Centro Histórico de Trujillo.....	27
Cuadro N° 6. Validación del Mapa Acústico Diurno (M.A.D) del Centro Histórico de Trujillo.....	32
Cuadro N° 7. Verificación práctica de los niveles de ruido proyectados por el Software ArcGIS 10.4.....	33

Índice de Figuras

Figura N° 1. Representación gráfica del Nivel de Presión Acústica	11
Figura N° 2. Representación gráfica del Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado “A”, $L_{Aeq,T}$	12
Figura N° 3. Curvas de ponderación de ruido	15
Figura N° 4. Comparación de los Niveles Sonoros Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$), generados en cada punto de monitoreo del Centro Histórico de Trujillo en horario diurno con el E.C.A para ruido en una zonificación de protección especial.	30
Figura N° 5. Pasos para ingresar al Histograma	55
Figura N° 6. Histograma por defecto	56
Figura N° 7. Histograma elaborado	56
Figura N° 8. Pasos para ingresar al Trend Analysis	57
Figura N° 9. Trend Analysis por defecto.....	57
Figura N° 10. Trend Analysis de los datos	58
Figura N° 11. Selección de método de análisis de los datos.....	59
Figura N° 12. Selección del tipo de Kriging	60

Figura N° 13. Anisotropía direccional de los datos.....	61
Figura N° 14. Semivariogram / Covariance Modeling por defecto.....	62
Figura N° 15. Ubicación de las líneas en el Semivariogram / Covariance Modeling	63
Figura N° 16. Searching Neighborhood.....	63
Figura N° 17. Comparación de datos medidos y datos calculados	64
Figura N° 18. Resumen del método utilizado	65
Figura N° 19. Monitoreo de ruido en el punto 44, Jr. Miguel Grau 689.	68
Figura N° 20. Monitoreo de ruido en el punto 02, Jr. Junín 324	68
Figura N° 21. Monitoreo de ruido en el punto 48, Jr. Orbegoso 704.	68
Figura N° 22. Monitoreo de ruido en el punto 06, Jr. Independencia 678.	68

Índice de Anexos

Anexo 1. Estaciones de muestreo de ruido ambiental en el área de estudio	44
Anexo 2. Ficha de registro de datos.....	45
Anexo 3. Ubicación de los puntos de monitoreo de ruido, según coordenadas UTM ubicados en el área de estudio.....	46
Anexo 4. Mediciones de los Niveles de Presión Sonora Continuo Equivalente (L_{AeqT}) por cada intervalo horario.....	47
Anexo 5. Mediciones de los Niveles de Ruido Mínimo (L_{min}) en cada intervalo horario.	49
Anexo 6. Mediciones de los Niveles de Ruido Máximo (L_{max}) en cada intervalo horario.	51
Anexo 7. Mediciones del percentil 90 (L_{90}) de los niveles de ruido en cada intervalo horario.....	53
Anexo 8. Procedimiento para la elaboración del Mapa Acústico Diurno utilizando el software ArcGIS 10.4	55
Anexo 9. Mapa de Error del Estándar Proyectado de los niveles de ruido en el Centro Histórico de Trujillo.	67
Anexo 10. Monitoreo de ruido ambiental en el Centro Histórico de Trujillo en horario diurno.	68
Anexo 11. Certificado de Calibración del sonómetro SVANTEK 957	69

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con el fin de evaluar los niveles de ruido que se generan en el Centro Histórico de Trujillo para la posterior elaboración de un mapa acústico diurno. El diseño que se aplicó en la investigación fue un diseño no experimental transversal de tipo descriptivo simple, el tipo de muestreo fue “No Probabilístico - Por Conveniencia”, ya que se consideró como muestra 50 puntos de monitoreo, los cuales fueron determinados por el método de la rejilla. El método de procesamiento de análisis de datos se realizó mediante el cálculo de un promedio logarítmico de los resultados parciales de los niveles de ruido tomados en cada uno de los cinco intervalos horarios, para a partir de ello obtener el Nivel Sonoro Continuo Equivalente Día, por otro lado se usó el software ArcGis 10.4 tanto para la modelación de los niveles de ruido como para la validación del mapa acústico. En conclusión, se logró determinar la ubicación de los 50 puntos de monitoreo en coordenadas UTM y se logró medir en cada uno de ellos los niveles de ruido en horario diurno, de los cuales se concluye que todos sobrepasaron el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido para una zonificación de protección especial, establecido en el D.S N°085-2003-PCM; y por consiguiente se logró modelar los niveles de ruido representándolos en el mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, el cual presenta un nivel de confiabilidad del 97.49%.

Palabras clave: niveles de ruido, mapa acústico, diurno.

ABSTRACT

This research was carried out in order to evaluate the noise levels generated in the Historic Center of Trujillo for the subsequent elaboration of a daytime acoustic map. The design that was applied in the research was a non-experimental cross-sectional design of simple descriptive type, the type of sampling was "non probabilistic-for convenience", it was considered as sample 50 monitoring points, which were determined by the Grid method. The method of processing of data analysis was carried out by means of the calculation of a logarithmic average of the partial results of the noise levels taken in each one of the five time intervals, from it to obtain the Continuous Sound Level Equivalent Day, on the other hand, the ArcGis 10.1 software was used for both noise level modeling and acoustic map validation. In conclusion, it was possible to determine the location of the 50 monitoring points in the UTM coordinates and it was possible to measure in each of them the noise levels during the day, of which it is concluded that all surpassed the Standard of Environmental Quality for Noise for a special protection zone, established in D. S N° 085-2003-PCM; and therefore was able to model the noise levels that are represented in the acoustic map of the Historic Center of Trujillo, which presents a level of reliability of 97.49%.

Keywords: Noise levels, acoustic map, daytime.

I. INTRODUCCIÓN

1.1.REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel mundial el control del ruido en comparación con otros contaminantes, se dificulta por no contar, en muchos casos, con un conocimiento de los niveles de ruido en la zona de estudio. Así como sus efectos sobre los seres humanos.

La determinación de las zonas de riesgos por ruido se realizará solo si hay una representación y evaluación de éste mediante un mapa de ruido. Sin embargo hay muchas ciudades en todos los países que no cuentan con ello, fue recién en el siglo XX que este tema empezó a difundirse y en el año 2004 fue Reino Unido quien publicó el mapa de ruido de Londres, siendo el primer mapa acústico producido por un gobierno nacional (Oyedepo, 2013, p.1). Pero para ello, ya el 25 de Junio del 2002, la Unión Europea había presentado sus directrices para el control del ruido ambiental, exigiendo a los Estados miembros la elaboración de sus mapas de ruido para las ciudades con más de 250000 habitantes a más tardar para el 30 de junio del 2007. (Wang, Zheng y Liu, 2014, p.1). Este es un mecanismo útil, que incita a los demás países a la realización de monitoreos de ruido para la elaboración de sus mapas acústicos y en base ello formulen los planes de acción para el control y prevención de la contaminación sonora, el cual es un problema ambiental que afecta especialmente a las principales ciudades a nivel mundial.

A nivel nacional son pocas las ciudades que cuentan con un mapa acústico de su entorno, así mismo a nivel local a pesar de la preocupación y los esfuerzos que ha realizado la Municipalidad Provincial de Trujillo para evaluar los niveles de ruido no se ha logrado elaborar el mapa acústico de la ciudad, caracterizando a Trujillo como una de las ciudades que no cuenta con un plan de acción y prevención de la contaminación sonora tal y como lo establece en su artículo 12 el D.S.085-2003-PCM. Es así que, la elaboración de mapas acústicos

permitirá visualizar eficientemente las distribuciones de ruido en áreas donde los usos del suelo son sensibles a éste.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Según DELGADO César, 2013. En su investigación realizada sobre la “Elaboración de Mapa de Ruido de Minera Valle Central”, Chile. Se planteó como objetivo elaborar un mapa de ruido para la minera mediante la aplicación de un modelo de predicción de ruido. Para ello, la metodología que se aplicó se enfocó principalmente en las dos plantas de producción (alta y baja) existentes en la minera, se partió por definir el método de selección de los puntos de medición el cual fue la retícula de 50 x 50 m² y para las estaciones de medidas de nivel de presión sonora se utilizó el tipo de estación móvil; así mismo para los índices de valoración se utilizó el Nivel de Presión Sonoro Continuo Equivalente ponderado A del turno Promedio e indican que todas las mediciones se realizaron de acuerdo a la norma ISO 1996/2. Como resultados logró elaborar un mapa de ruido general de la planta Minera Valle Central S.A evidenciando donde se produce mayor contaminación acústica y se logró identificar las fuentes de ruido que aportan mayor energía al ambiente laboral. En conclusión se logró identificar en el mapa de ruido las zonas con un ambiente altamente nocivo, que sobrepasa los 95 dB(A) y las áreas que son seguras acústicamente.

Según SÁNCHEZ Rafael, 2015. En su investigación “Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva)”, España. Planteó como objetivo, medir y caracterizar empíricamente el ruido existente en el núcleo urbano y evaluar la calidad acústica del entorno para realizar finalmente un mapa acústico de la zona urbana. Para ello, la metodología que aplicó partió por la selección del área de estudio y la preparación de los instrumentos que se utilizaron para monitorear, luego procesó la data generando un mapa de ruido. Los resultados que

obtuvo es la generación de los mapas de ruido generales de toda el área de estudio, confeccionados con el software CadnaA. Como conclusión se logró identificar en el mapa de ruido de la ciudad El Portil que la principal fuente de contaminación acústica del núcleo urbano fue el punto de la Carretera A-5052.

Según SAQUISILÍ Silvia, 2015. En su investigación “Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la Ciudad de Azogues”, Ecuador. Tuvo como objetivo medir, representar y evaluar los niveles de presión sonora en distintos puntos de la zona urbana de la ciudad de Azogues. El tipo de investigación fue exploratoria y la metodología que se empleó partió por determinar los puntos de monitoreo (52 puntos) por el método de la cuadrícula, en cada punto se monitoreó 30 minutos en los horarios de alto tráfico vehicular a excepción de la noche que se monitoreó por 15 minutos; simultáneamente a ello se realizó una caracterización de las vías. Como resultados obtuvo que para el período de la mañana el 58% de los puntos medidos excedieron la normativa, mientras el 52% en la tarde, así mismo con esa base de datos y con la utilización del software ArcGis 10.1 se elaboró un mapa acústico para cada uno de los horarios. En conclusión, en base al análisis de los mapas de ruido obtenidos se demuestra que la mayoría de los puntos de monitoreo en el periodo de la mañana no cumplen con la normativa a causa del ruido generado por el tráfico vehicular y las principales zonas afectadas pertenecen al sector Charasol por estar localizadas cerca de la Panamericana Sur.

Según BACA William, 2012. En su investigación “Evaluación de Impacto Sonoro en la Pontificia Universidad Católica del Perú”, Perú. Planteó como objetivo analizar los niveles de ruido en el campus universitario y plasmarlos en un Mapa de ruido. Así mismo para la medición de presión sonora empleó el método de la retícula, las mediciones se realizaron en ambientes exteriores durante 10 minutos

en dos periodos (mañana y tarde), empleó un sonómetro convencional. Como resultados, obtuvo la generación de mapas de ruido por cada día (lunes a viernes) y en cada periodo reflejando en cada uno de ellos los altos índices de presión sonora dentro del campus. Concluyó afirmando que los mapas de ruido muestran una tendencia cíclica, ya que existe una similar tendencia en cuanto a los niveles de presión sonora en todos los días analizados y que éstos son superiores a los recomendados para las actividades dentro del campus según recomendaciones nacionales e internacionales.

Según MEJÍA Danny, 2015. En su investigación “Determinación de la Calidad Ambiental Acústica diurna del distrito de Trujillo durante el año 2012”, Perú. Tuvo como objetivo determinar la calidad ambiental diurna del lugar en mención en los meses de abril a setiembre. La metodología que aplicó se basó en caracterizar el área urbana rodeada por la Av. América, luego seleccionó 200 puntos por el método de la cuadrícula (250x 250m) y procedió con el monitoreo en los días laborables durante el periodo diurno en 5 intervalos de horario. Como resultado obtuvo que para los 62 puntos de monitoreo ubicados en zonificación de protección especial las mediciones fueron entre 62.7 y 76.1 dB(A), mientras que para los 104 puntos de monitoreo en zona residencial estuvieron entre 53.7 y 76.3 dB(A), en cambio para zona industrial la medición fue de 72.5 dB(A) y para zona comercial los 33 puntos estuvieron entre 54.1 y 80.2 dB(A). Concluyó demostrando a través de la elaboración del mapa de ruido diurno del distrito de Trujillo que la calidad ambiental acústica tanto en zonas de protección especial como en zonas residenciales, comerciales e industriales no es adecuada.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. RUIDO AMBIENTAL

A. DEFINICIÓN DE RUIDO

Se entiende como el sonido no deseado, el cual puede causar molestia, perjudicar o afectar la salud de las personas (Presidencia de Consejo de Ministros, 2003, p.3). Además, se le considera como una amenaza a la comunicación, al disfrute de la vida social y a la salud, afectando la calidad de vida (Oyedepo, 2013, p.1).

B. PARÁMETROS BÁSICOS DEL RUIDO

B.1. Nivel de Presión Acústica, L_p

Se considera a las ondas sonoras que al transportar energía acústica, provocan una variación de la presión respecto a la presión atmosférica existente.



Figura N° 1. Representación gráfica del Nivel de Presión Acústica
Fuente. Näf Robert, 2013.

El nivel de presión acústica permite, a su vez, cuantificar la energía asociada al sonido. Por otro lado, los niveles de presión acústica expresados en pascles se pueden convertir a decibelios de la siguiente manera (Näf, 2013, p.17):

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Donde:

P es la presión acústica existente, en pascles

P_0 es la presión acústica de referencia, es decir, $2 \cdot 10^{-5}$ pascales

B.2. Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado

“A”, $L_{Aeq,T}$

Es aquel nivel de ruido que es constante y que posee la misma energía que el ruido variable en un determinado período de tiempo y se obtiene de la siguiente forma (Näf, 2013, p.18):

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \left[\int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right]$$

Donde:

T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día

$t_2 - t_1$ es el tiempo de exposición del trabajador al ruido

$P_A(t)$ es la presión acústica instantánea en pascales con el filtro de ponderación frecuencial “A”

P_0 es la presión acústica de referencia, es decir, $2 \cdot 10^{-5}$ pascales.

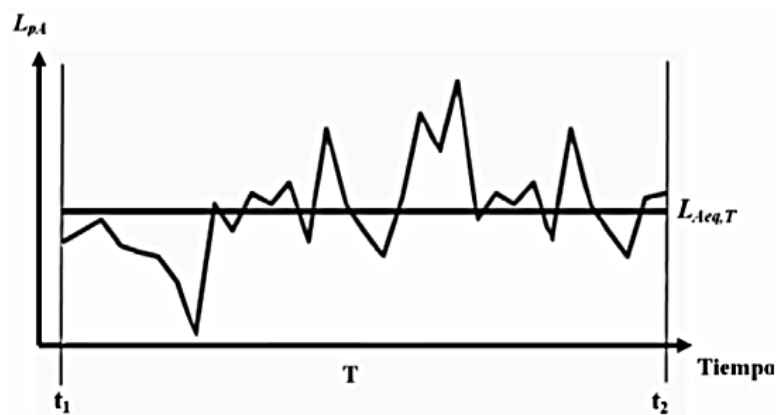


Figura N° 2. Representación gráfica del Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado “A”, $L_{Aeq,T}$

Fuente. Näf Robert, 2013.

C. MARCO LEGAL

La Presidencia de Consejo de Ministros (2003) aprobó el “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”, mediante el D.S. N° 085-2003-PCM, en el cual se establecen los niveles máximos de ruido en el ambiente que no se deben de exceder para proteger la salud humana (Ver Cuadro N°1). Dichos estándares toman en cuenta el parámetro de Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A, $L_{eq}(A)$ o L_{AeqT} , considerando a su vez el horario y cuatro zonas de aplicación, de protección especial, residencial, comercial e industrial (p.11).

Cuadro N° 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido

ZONAS DE APLICACIÓN	VALORES EXPRESADOS	
	EN L_{AeqT}	
	Horario Diurno	Horario Nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente. Presidencia de Consejo de Ministros, 2003.

Así mismo, en el D.S. 085-2003-PCM en el capítulo de Disposiciones Complementarias se detalla que las autoridades ambientales dentro de su ámbito de competencia propondrán los límites máximos permisibles, o adecuarán los existentes a los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido en concordancia con el artículo 6 inciso e) del Decreto Supremo N° 044- 98-PCM. Ante lo expuesto, la Municipalidad Provincial de Trujillo remitió en el 2007 la Ordenanza Municipal N°008-2007-MPT, en la cual se detalla los Valores Límite en el Medio Exterior (ver Cuadro N°2):

Cuadro N° 2. Valores Límite en el Medio Ambiente Exterior

Uso de Suelo	Nivel de ruido permisible- Leq dB(A)	
	Diurno	Nocturno
Zonas de Protección Especial	50	40
Zonas Residenciales	60	50
Zonas Comerciales	70	60
Zonas Industriales	80	70

Fuente. Municipalidad Provincial de Trujillo, 2007.

Por otro lado, INDECOPI aprobó dos Normas Técnicas Peruanas, las cuáles se deben de considerar para la aplicación de la metodología del monitoreo de ruido, éstas son las siguientes:

- a) NTP 1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación.
- b) NTP 1996-2:2008, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.

Por otro lado, el Ministerio del Ambiente (2013) dictaminó el Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental por medio de la R.M N°227-2013-MINAM (p.2), en el cual se muestra el proceso que hay que seguir a nivel nacional para la medición de los niveles de presión sonora ambiental.

D. MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL

Se entiende como la medición del nivel de presión sonora, la cual es generada por distintas fuentes hacia el exterior (Ministerio del Ambiente, 2012, p.5).

E. CURVAS DE PONDERACIÓN

Existen tres tipos de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente. La ponderación A se aplicaría aquellos sonidos de bajo nivel, la B en cambio a los de

nivel medio y la C a los de nivel elevado (ver Figura N°1). El resultado de una medición realizada con la red de ponderación A se expresará en decibeles A, abreviados en dBA o en dB(A), y así análogamente para las demás (Ministerio del Ambiente, 2012, p.5).

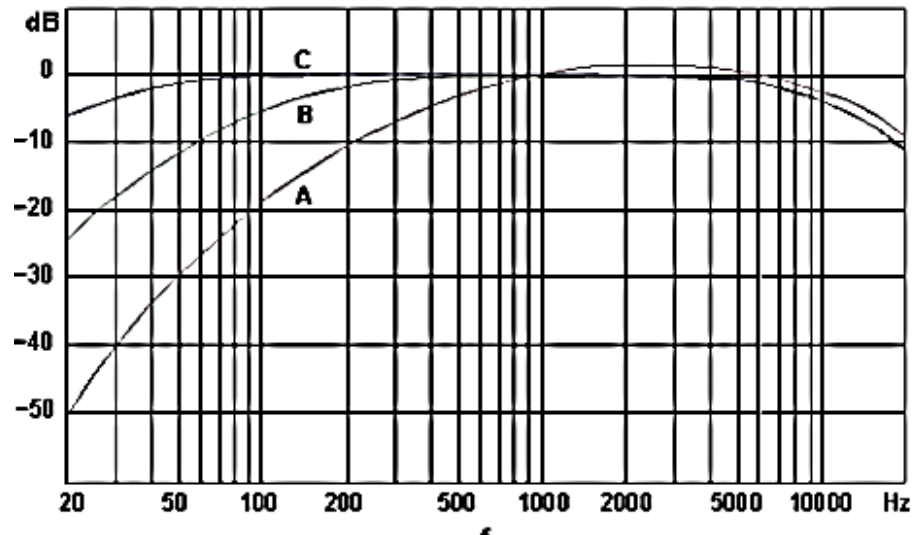


Figura N° 3. Curvas de ponderación de ruido
Fuente. Ministerio del Ambiente, 2012.

Para la aplicación del presente trabajo de investigación, se utilizará la ponderación A en el monitoreo del ruido ambiental con la finalidad de comparar los resultados con el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido vigente.

F. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL

El Sonómetro es un instrumento que mide de forma directa la intensidad de ruido en dB (decibeles). Está diseñado para brindar mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión sonora. Además, es capaz de medir el nivel de ruido de una determinada zona, analizando la presión sonora a la entrada del micrófono convirtiendo la señal sonora a una señal eléctrica equivalente. Por otro lado, no solo recoge las señales sino que también es capaz de ponderarla en función de la sensibilidad real del oído humano a las distintas frecuencias, y genera un

valor único expresado en dBA (decibeles A) del nivel de ruido del lugar a analizar. Así mismo, existen tres clases de sonómetros que se diferencian por su precisión en la medida del sonido. Estas clases son 0, 1 y 2, siendo la clase 0 la más precisa y la clase 2 la menos precisa. Para efectos de la medición de ruido con fines de comparación con el ECA para Ruido debe utilizarse un sonómetro de clase 1 (Ministerio del Ambiente, 2013, p.18).

1.3.2. MAPA DE RUIDO

A. DEFINICIÓN











Un Mapa de Ruido es el conjunto de mediciones o modelaciones de ruido distribuidas adecuadamente en el espacio y en el tiempo (Delgado, 2013, p.35). Por otro lado, según Suárez, E. (como se citó en Lobos, 2008, p.30), el mapa de ruido es una herramienta de suma relevancia que sirve para conocer el estado del ambiente sonoro de un determinado espacio. Además, a través de esta herramienta se entrega información de manera visual del comportamiento acústico de un área geográfica, ya sea de un pueblo, ciudad, región o país.

B. CRITERIOS A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO

Los niveles de ruido se representan normalmente en un mapa acústico por medio de colores como las curvas topográficas en un plano (Delgado, 2013, p.35).

La norma internacional ISO 1996-2:1987 (como se citó en Lobos, 2008, p.31), establece criterios para la realización de medidas y confección de mapas de ruido. Según esta norma, el mapa de ruido ha de representar niveles de presión sonora en tramos de 5 dB(A), cada uno de esos intervalos de nivel sonoro se representa en el mapa mediante un color, los cuáles se especifica a continuación en el Cuadro N°3.

Cuadro N° 3. Nivel de ruido con su respectivo color propuesto por la ISO 1996:2-1987.

Nivel de Ruido dB(A)	Nombre del color	Color
<35	Verde claro	
35-40	Verde	
40-45	Verde Oscuro	
45-50	Amarillo	
50-55	Ocre	
55-60	Naranja	
60-65	Cinabrio	
65-70	Camin	
70-75	Rojo lila	
75-80	Azul	

Fuente. Lobos Víctor, 2008.

C. APLICACIÓN DEL MAPA DE RUIDO

Los mapas de ruido describen las distribuciones espaciales de los niveles de ruido. Permiten una visualización eficiente de las distribuciones de ruido en áreas donde los usos del suelo son sensibles al ruido (Oyedepo, 2013, p.2).

Así mismo, según Santos, L.C. y Valado, F., (como se citó en Oyedepo, 2013, p.2) mencionan que el uso del mapa del ruido permite:

- La cuantificación de ruido en el área estudiada
- Evaluación de la exposición de la población.
- Creación de una base de datos para la planificación urbana con localización de actividades ruidosas y mixtas, y zonas sensibles.
- Modelar diferentes escenarios para el futuro.
- Ruido de impacto previsto de la infraestructura proyectada y actividades industriales.

D. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

Según Suárez, E. (como se citó en Delgado, 2013, p.35), menciona que un mapa de ruido debe representar la situación acústica temporal y espacial de forma apropiada. Sin embargo, surge la duda de cómo saber cuántos puntos de medición se debe elegir para que el monitoreo sea representativo, ante ello existen varias metodologías para definir los puntos de medición, los cuáles se mencionan a continuación:

C.1. Metodología de la cuadrícula o rejilla.

Según Suárez, E. (como se citó en Delgado, 2013, p.36), muestra que la definición de puntos de medición se determina mediante la superposición sobre el plano de una retícula cuyas cuadrículas tienen dimensiones proporcionales a la superficie del área. En los nodos de la cuadrícula se ubican las estaciones de medida, o bien, el punto más cercano al mismo. El valor medido en este punto será asignado a la retícula que lo contiene como centro. Este proceso lleva asociado un alto grado de representatividad de la zona de estudio como un conjunto (como un todo), y es posible calcular valores globales con seguridad en cuanto a su significación. Por ejemplo, es posible identificar las zonas de más ruido y aquellas con menos contaminación, y actuar sobre ambas: en un caso para disminuir el ruido, y en el otro para protegerla.

C.2. Metodología de viales.

Según Suárez, E. (como se citó en Delgado, 2013, p.37), muestra que para esta metodología los puntos de medición se ubicarán a lo largo de las fuentes sonoras más importantes, las cuales corresponderían mayormente a las calles de una ciudad.

C.3. Metodología de zonas específicas.

Según Suárez, E. (como se citó en Delgado, 2013, p.37), menciona que en este método de medida quedan determinados según el tipo de fuente a medir, y distribuidos

según aquellos intereses a los que responden la realización de las medidas. Sin embargo, esta metodología tiene una limitación ya que solo es válida para las condiciones y características de fuente y método de evaluación, y no es posible obtener valores globales.

C.4. Metodologías aleatorias

Según Antillanca (como se citó en Delgado, 2013, p.37), dice que para este caso, los puntos de medida son determinados al azar siguiendo algún tipo de proceso predeterminado. Sin embargo, existe otra forma de determinar los puntos y es por medio de la utilización de una cuadrícula pero a diferencia del método de la cuadrícula, en éste no se toman en cuenta todos los puntos de ella, sino que se eligen al azar cuáles de estos se medirán. No obstante, este proceso tiene mayores limitaciones y es poco utilizado.

C.5. Metodologías por medios predictivos

Según Suárez, E. (como se citó en Delgado, 2013, p.37), este método es el más reciente para la elaboración de mapas de ruido, el cual se basa en la aplicación de modelos matemáticos que predicen los niveles de ruido según la fuente sonora que los genera (tráfico urbano, carreteras, zonas industriales, aeropuertos, etc.). En estos métodos es posible definir los puntos de “medida”, receptores u observadores, según el interés de lo que se quiere modelar.

1.4.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los niveles de ruido existentes en el Centro Histórico de Trujillo para la elaboración del mapa acústico diurno del entorno?

1.5.JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo, titulado, “Evaluación de los niveles de ruido para la elaboración de un mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, 2017”, se realizó dado que actualmente la ciudad de Trujillo no cuenta con un Plan de acción frente a la contaminación sonora y para ello es necesario que todos los distritos cuenten con un mapa de ruido de su ámbito, sin embargo dicha información no existe, y es por ello que surgió la necesidad de realizar esta investigación, la cual permitirá brindar información relevante a la Municipalidad Provincial de Trujillo (MPT) y así incentivar a que se realicen monitoreos de ruido en otros espacios y, así mismo, puedan elaborar más proyectos al respecto para que luego al contar con toda esa data la MPT pueda utilizarla para el cumplimiento del D.S. N° 085-2003-PCM, el cual en su artículo 12 establece que las municipalidades provinciales en coordinación con las municipalidades distritales, deberán elaborar planes de acción para la prevención y control de la contaminación sonora con el objeto de establecer las políticas, estrategias y medidas necesarias para no exceder los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Ruido. Así mismo, la finalidad se centró en contribuir con la generación de data la cual permitiera representar y evaluar cartográficamente los niveles de ruido en el horario diurno ya que es dónde se genera más ruido y resulta ser más representativo.

1.6.HIPÓTESIS

Por ser una investigación de tipo Descriptivo Simple de diseño no experimental, la hipótesis del trabajo se encuentra implícita en el problema.

1.7.OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

Evaluar los niveles de ruido para la elaboración de un mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, 2017.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar la ubicación de los puntos de monitoreo.
- Medir los niveles de ruido en el Centro Histórico de Trujillo.
- Comparar los niveles de ruido generados en el Centro Histórico de Trujillo con el Estándar de Calidad Ambiental.
- Modelar los niveles de ruido generados en el Centro Histórico de Trujillo.

II.MÉTODO

2.1.FASES DEL PROCESO

- 2.1.1. Se tuvo en cuenta la Zonificación de Uso de suelo del Centro Histórico de Trujillo, la cual está establecida en la Ordenanza Municipal N°001-2012-MPT, donde se aprueba el Reglamento de Desarrollo Urbano de la Provincia de Trujillo y en el cual se detalla que el Centro Histórico pertenece a una zona de Reglamentación Especial (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2012, p.22), afirmándose también en la Ordenanza Municipal N° 008- 2007- MPT estableciendo al área de estudio en su Artículo 4. 29) como una Zona de Protección Especial (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2007, p. 3).
- 2.1.2. Para la determinación del número de puntos de monitoreo se tuvo en cuenta el método de la rejilla propuesto por la ISO 1996-2:1987 y por la R.M. N°227-2013-MINAM (Ministerio del Ambiente, 2013, p.33), la cual en su Anexo 3 menciona que dicha metodología consiste en dividir la zona de estudio mediante una rejilla de distancia fija y realizar la medida en las intersecciones de ésta, para ello se señala que las distancias habitualmente utilizadas pueden oscilar entre los 50 m y los 300 m. Considerando lo expuesto, se superpuso en el plano del área de estudio una cuadrícula de 150mx150m y se posicionó de tal manera que los nodos cayeran en el mayor número de calles posibles. Es así que de acuerdo al reglamento antes mencionado se consideró como puntos de monitoreo todas las intersecciones

de la rejilla, tanto las que cayeron en las calles y también los puntos más próximos a éstas, los cuales fueron movidos a la calle más cercana de tal forma que se considerase como punto de monitoreo. Así mismo, se determinó su ubicación exacta realizando visitas de campo, y en el momento de la medición se georreferenció cada punto de monitoreo.

2.1.3. Para la medición de los niveles de ruido se utilizó un sonómetro Tipo I, SVANTEK 957, y se tuvo en cuenta los siguientes criterios establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de ruido ambiental (Ministerio del Ambiente, 2014, p.7):

- a. Primero, se procedió a calibrar el sonómetro para luego encenderlo y programarlo en ponderación Fast. Después, se le colocó la pantalla antiviento, la cual se usó en todas las mediciones.
- b. Posteriormente, se ubicó el sonómetro a una distancia de 1.50m sobre el suelo y de cualquier infraestructura reflectante distinta del piso, con ayuda de un trípode.
- c. Seguidamente, se realizó las mediciones por un periodo de 15 minutos en la frecuencia establecida, de lunes a viernes en 5 intervalos horarios, los cuáles son los siguientes:

Cuadro N° 4. Intervalos de tiempo en Horario Diurno

N°	INTERVALO
1	07:01 a 10:00 horas
2	10:01 a 13:00 horas
3	13:01 a 16:00 horas
4	16:01 a 19:00 horas
5	19:01 a 22:00 horas

Fuente. Elaboración Propia

- d. Acabado el tiempo de medición se procedió a tomar nota del nivel de presión sonora continuo equivalente L_{AeqT} (A), del L_{max} , L_{min} y L_{90} haciendo uso de la ficha de registro de datos para posteriormente hallar el nivel sonoro equivalente Día (L_{AeqT} , D). Así mismo, se georreferenció en

coordenadas UTM cada punto de monitoreo al término de las mediciones, para lo cual se usó un GPS, Garmin OREGON 650.

2.1.4. La evaluación de los niveles de ruido generados en el Centro Histórico de Trujillo se realizó teniendo en cuenta los Estándares de Calidad Ambiental para ruido, establecidos por el D.S.085-2003-PCM (Ministerio del Ambiente, 2003, p.11).

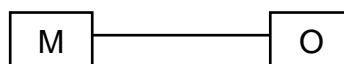
2.1.5. Se utilizó el software ArcGIS versión 10.4 para modelar el mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, para ello se tomó en cuenta la base de datos de los Niveles Sonoros Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$) y la georreferenciación de cada punto de monitoreo. En cuanto al diseño del mapa de ruido se consideró lo estipulado en la norma internacional ISO 1996-2:1987 (como se citó en Lobos, 2008, p.31), la cual establece los criterios para la realización de medidas y confección de este tipo de mapas (Véase el ítem 1.3.2).

2.2.TIPO DE ESTUDIO

Según su finalidad es aplicada, porque está direccionada en realizar un diagnóstico a través de la evaluación de los niveles de ruido que se generan en la zona de estudio, además con la elaboración del mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo permitirá a la municipalidad utilizar la información para la posterior formulación del Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación Sonora de la ciudad. Según su enfoque es cualitativa, ya que se evaluarán los niveles de ruido comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental con la finalidad de saber si cumplen o no con lo normado. Según el alcance o nivel es de tipo descriptiva porque se pretende dar a conocer los niveles de ruido que se generan en el Centro Histórico. Según su temporalidad es transversal porque los datos se tomarán en un mismo momento.

2.3.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación cuenta con un diseño no experimental transversal de tipo Descriptivo Simple.



M: Puntos de monitoreo en el Centro Histórico de Trujillo

O: Niveles de ruido

Donde, *M* representa la muestra y *O* constituye la medición de la variable en estudio.

2.4.VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 1. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Niveles de Ruido	Es la cantidad de energía acústica transportada por las ondas sonoras en un medio elástico que provocan una variación de la presión respecto a la presión atmosférica existente, la cual puede causar una molestia, perjudicar o afectar la salud de las personas (Näf, 2013, p.17).	Se realizaron mediciones de ruido por un periodo de 15 minutos en cada estación de muestreo y en cada intervalo de tiempo establecido, y se levantó la información de los niveles de ruido generados en el Centro Histórico de Trujillo en horario diurno por medio de una ficha de registro de datos, los cuáles finalmente se compararon con el Estándar de Calidad Ambiental (D.S.085-2003-PCM)	Considerando el Estándar de Calidad Ambiental para ruido (Horario Diurno) en zona de protección especial, los indicadores fueron: No sobrepasa: $L_{AeqT} \leq 50$ dB(A) Sobrepasa: $L_{AeqT} > 50$ dB(A)	Cualitativa Nominal

2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

- a. Población: Todos los puntos de monitoreo posibles en el Centro Histórico de Trujillo.
- b. Muestra: El tipo de muestreo es “No Probabilístico - Por Conveniencia”, al emplear el método de la rejilla (150m x 150m) como medio para determinar los puntos de monitoreo. Dicho método, señala que se deberán realizar las mediciones en todas las intersecciones de la cuadrícula (Ministerio del Ambiente, 2013, p.33); por lo tanto, la muestra que se consideró fue de 50 puntos de monitoreo (ver Anexo 01).
- c. Unidad de análisis: Cada uno de los puntos de monitoreo.

2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Tabla 2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnica	Instrumento
Observación en campo- No experimental	Ficha de Registro de datos

Fuente. Elaboración propia.

La ficha de registro de datos sirvió para el levantamiento de información de los niveles de ruido en horario diurno obtenidos en cada punto de monitoreo, para su elaboración se consideraron ciertos criterios, (ver Anexo 02), como la ubicación del punto de monitoreo, la zonificación de uso de suelo, el nivel de ruido permitido por el Estándar de Calidad Ambiental y los niveles de ruido generados en los diferentes intervalos de tiempo (05 tiempos) además de la fotografía que evidencia la realización del monitoreo.

2.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

- A. Para obtener el Nivel Sonoro Equivalente Día, (L_{AeqT} , D) en cada punto de monitoreo, se procedió a calcular la media en base a los resultados parciales de los niveles de ruido de cada uno de los

cinco intervalos horarios. Sin embargo, la media de los niveles de ruido se realizó calculando un promedio logarítmico, así se detalla en la Guía Práctica para el Análisis y la Gestión del Ruido Industrial (Näf, 2013, p.26).

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{\frac{L_{Aeq,T,n}}{10}} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,T}$ es el promedio logarítmico del nivel de presión sonora, que en este caso se le considerará como el Nivel Sonoro Continuo Equivalente Día.

$L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderando A (L_{AeqT}) obtenido en la medición n.

N es el número total de mediciones efectuadas.

- B. Para la evaluación de los niveles de ruido diurno en cada punto de muestreo del Centro Histórico de Trujillo, se realizó la comparación de los Niveles Sonoro Equivalente Día con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido considerando la zonificación de protección especial en horario diurno, 50 dB(A), con el objetivo de saber si sobrepasan o no lo normado, para ello se utilizó tablas y gráficos.
- C. Para validar teóricamente los resultados obtenidos por el software ArcGIS 10.4 se elaboró un mapa de error con la finalidad de obtener la confiabilidad del modelo del mapa de ruido diurno del área de estudio. En cuanto a ello, Johnston Kevin (como se citó en Mejía, 2015, p.126) señala que dicha confiabilidad se halla calculando la diferencia del 100% menos el error máximo. Así mismo, recalca que para aceptar un modelo geoestadístico es necesario tener una confiabilidad superior al 90%. Por otro lado, a modo de verificar en la práctica los niveles de ruido proyectados por el software ArcGIS 10.4, se realizaron mediciones en calles donde no se realizó el monitoreo inicial, tomando de manera

aleatoria 3 puntos de monitoreo por cada tramo de decibeles dB(A) representados en el mapa de ruido diurno, a fin de corroborar que las mediciones proyectadas sean conforme a lo que se genera en la realidad.

2.8.ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación se desarrolló teniendo en cuenta los valores éticos y morales del investigador, con el fin de dar a conocer la información real sin alterar los datos obtenidos y manteniendo la veracidad de los resultados.

III. RESULTADOS

El Protocolo de Monitoreo para ruido ambiental (Ministerio del Ambiente, 2013, p.16), señala que deben de indicarse las coordenadas de los puntos de medición, en base a ello y para responder al primer objetivo de la presente investigación es que se muestra en el *Anexo 3* las direcciones georreferenciadas de los puntos de monitoreo. A modo de referencia se aprecia que el primer punto de monitoreo (P-1) fue en el Jr. Junín 138 y sus coordenadas UTM son 717107 al este y 9103386 al norte.

A modo de plasmar el segundo objetivo, se realizó la medición de los niveles de ruido en todos los puntos de monitoreo, siguiendo los pasos establecidos por el protocolo, los cuáles fueron descritos en la metodología de la presente investigación. El monitoreo de ruido se llevó a cabo con el fin de calcular el promedio energético diario de las mediciones realizadas en los cinco intervalos horarios, las cuáles se evidencian en el Cuadro N°5, sin embargo la base de datos general se encuentra en el *Anexo 4, 5, 6, 7*.

Cuadro N° 5. Promedio energético de las mediciones de los niveles de ruido generados al día en cada uno de los puntos de monitoreo del Centro Histórico de Trujillo.

PUNTOS	DIRECCIÓN	Niveles de ruido dB(A)			
		L _{AeqT}	L _{min}	L _{max}	L ₉₀
P-1	Jr. Junín 138	67.7	55.1	92.6	59.5
P-2	Jr. Junín 324	69.4	53.5	92.3	59.1
P-3	Jr. Junín 491	72.7	54.2	96.4	58.9
P-4	Jr. Colón 262	73.8	50.4	100.5	55.5
P-5	Jr. San Martín 862	70.1	50.9	94.5	55.5

P-6	Jr. Independencia 678	70.2	51.9	94.7	57.1
P-7	Jr. Estete 411	70.8	52.5	93.9	60.4
P-8	Jr. Estete 568	71.4	51.9	97.2	57.9
P-9	Jr. Bolívar 753	69.4	54.4	90.8	59.4
P-10	Jr. Francisco Pizarro 875	66.5	56.9	84.0	61.2
P-11	Jr. Independencia 765	71.1	52.4	92.2	58.8
P-12	Av. España 762	76.6	61.6	101.0	66.2
P-13	Jr. Zepita 656	73.0	56.1	95.1	61.4
P-14	Jr. Orbegoso 212	71.8	53.8	101.8	58.9
P-15	Jr. Orbegoso 319	75.7	56.1	105.2	61.8
P-16	Jr. San Martín 435	69.2	51.8	94.0	57.6
P-17	Jr. San Martín 587	69.4	55.5	95.7	61.3
P-18	Av. España 1380	75.4	61.4	96.1	67.0
P-19	Av. España 1578	76.1	63.2	99.5	67.5
P-20	Av. España 1664	75.4	61.1	101.7	65.9
P-21	Jr. Ayacucho 860	73.5	56.6	96.8	62.5
P-22	Jr. Colón 744	70.8	52.2	95.2	58.0
P-23	Pje. Santa Rosa 122	65.2	48.7	83.1	54.9
P-24	Av. España 508	75.0	62.1	97.9	66.9
P-25	Av. España 397	76.3	58.7	106.7	65.8
P-26	Jr. Alfonso Ugarte 348	68.9	49.2	91.3	55.0
P-27	Jr. Bolognesi 281	69.6	51.1	97.2	55.8
P-28	Jr. Zepita 376	66.4	53.7	92.8	57.4
P-29	Jr. Independencia 341	71.2	51.7	98.3	57.1
P-30	Jr. Bolognesi 437	72.8	55.7	100.9	60.1
P-31	Jr. Francisco Pizarro 359	70.1	56.9	94.5	60.8
P-32	Jr. Diego de Almagro 468	67.9	52.6	89.9	57.9
P-33	Jr. Orbegoso 520	73.9	60.7	97.5	64.2
P-34	Jr. Bolívar 430	71.4	57.0	98.0	61.2
P-35	Pje. Armas 11	68.3	57.1	88.7	61.4
P-36	Jr. Ayacucho 613	72.2	57.4	99.1	69.2
P-37	Av. España 168	77.1	61.1	100.2	66.2
P-38	Jr. Bolívar 108	73.0	59.3	97.1	64.2
P-39	Jr. Alfonso Ugarte 699	68.5	54.8	92.8	60.2
P-40	Jr. Bolognesi 785	70.4	53.5	94.9	58.3
P-41	Jr. Bolívar 276	70.5	53.3	97.0	59.4
P-42	Jr. Alfonso Ugarte 531	69.0	57.8	89.7	60.6
P-43	Jr. Junín 631	72.3	59.9	95.8	64.1
P-44	Jr. Miguel Grau 689	73.6	59.7	99.8	64.0
P-45	Jr. Miguel Grau 579	73.0	55.6	98.1	61.0
P-46	Jr. Miguel Grau 439	70.9	56.7	95.3	60.9
P-47	Jr. Ayacucho 372	69.1	53.4	95.6	58.4
P-48	Jr. Orbegoso 704	73.7	58.7	98.8	63.8
P-49	Jr. Francisco Pizarro 563	63.6	53.7	86.1	57.7
P-50	Jr. Gamarra 553	71.4	57.1	96.5	61.8

Fuente. Elaboración propia.

Interpretación: En el Cuadro N°5, se aprecia que el Nivel Sonoro Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$) varió entre 63.6 dB(A) en el P-49 de Jirón Francisco Pizarro 563, y 77.1 dB(A) en el P-37 de la Avenida España 168. Así mismo se aprecia que para esos puntos el nivel de ruido mínimo (L_{min}) variaba entre 53.7 y 61.1 dB(A) y el nivel de ruido máximo (L_{max}) varió entre 86.1 y 100.2

dB(A), respectivamente. De igual manera, el percentil 90 (L90) indica en promedio que el 90% de los 15 minutos del tiempo de medición que se realizaron durante el día en el P-49, Jr. Francisco Pizarro 563, superaron los 57.7 dB(A) y en el P-37, Av. España 168, superaron los 66.2 dB(A).

Con la intención de cumplir el tercer objetivo se presenta la siguiente figura:

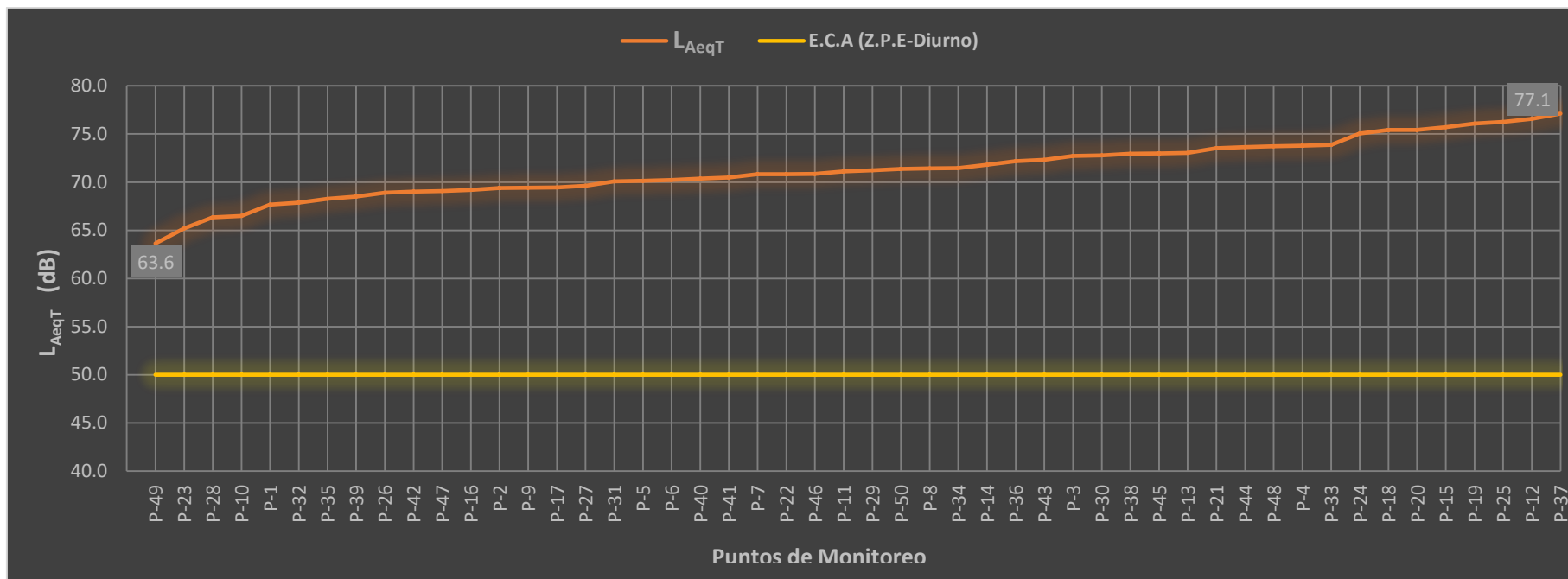
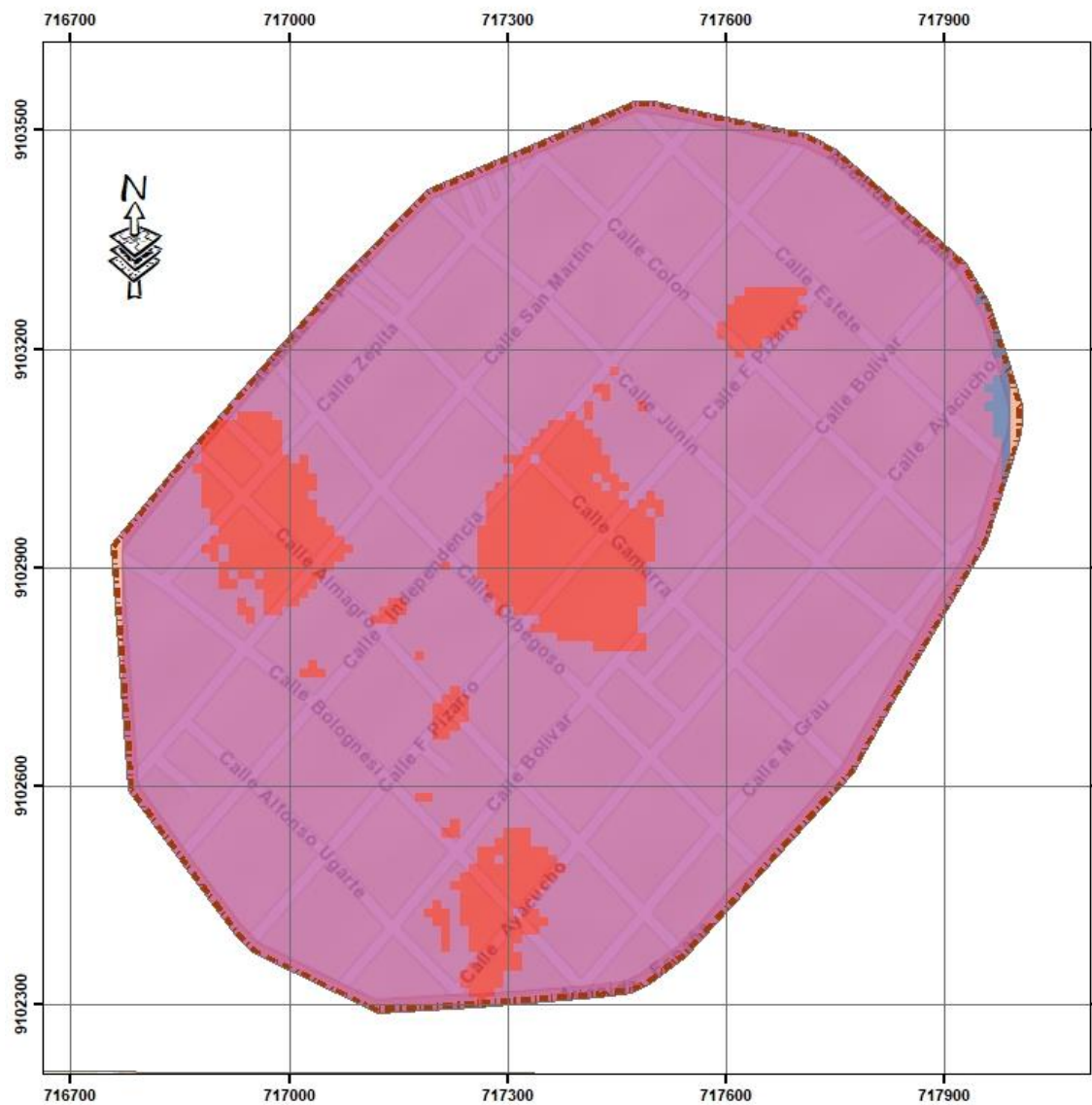


Figura N° 4. Comparación de los Niveles Sonoros Continuo Equivalente Día (L_{AeqT} , D), generados en cada punto de monitoreo del Centro Histórico de Trujillo en horario diurno con el E.C.A para ruido en una zonificación de protección especial.

Fuente. Elaboración propia

Interpretación: En la Figura N°4, se observa que el 100% de los puntos de monitoreo ubicados en el Centro Histórico de Trujillo, presentan Niveles Sonoros Continuo Equivalente Día (L_{AeqT} , D) entre 63.6 y 77.1 dB(A), lo que indica que sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido (E.C.A), el cual detalla que para una zonificación de protección especial en horario diurno (Z.P.E-diurno) lo permitido es 50 dB(A).

Con la intención de plasmar el último objetivo específico, se presenta a continuación el siguiente mapa:

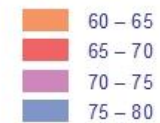


MAPA DE UBICACIÓN



Leyenda

Niveles de Ruido - dB(A)



 Centro Histórico de Trujillo

Escala Gráfica



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO
PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

Evaluación de los niveles de ruido para la elaboración de un
mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, 2017

Mapa: **Mapa Acústico Diurno del Centro Histórico de Trujillo**

Autor:
Morales Jiménez, Lidsay Clariza

Asesor:
Ms. Mejía Pardo, Danny Sorel

Mapa Nº

Escala:
1 : 7 500

Sistema de coordenadas:
WGS 1984 UTM - Zona 17

01

Interpretación: En el Mapa N°01, se observa el mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, en el cual se puede apreciar que destacan principalmente dos colores, como son el rojo lila, que representa las zonas donde se generan niveles de ruido altos que van entre los 70 a 75 dB(A) y es el que engloba gran parte del área de estudio. Por otro lado, el otro color predominante es el carmín, el cual indica zonas donde se generan niveles de ruido más bajos que el anterior, ya que se pueden registrar niveles que van entre los 65 a 70 dB(A). Asimismo, también se observa una pequeña zona de color azul que representa puntos donde el registro de niveles de ruido es muy alto ya que van entre los 75 a 80 dB(A) y esto se genera aproximadamente en la cuadra quince y dieciséis de la Av. España.

Con la intención de hallar la confiabilidad y validar teóricamente el modelo del mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo se procedió a elaborar el mapa de error del estándar proyectado de los niveles de ruido (Ver Anexo 9), en el cual se visualiza el error máximo que se encuentra descrito en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 6. Validación del Mapa Acústico Diurno (M.A.D) del Centro Histórico de Trujillo.

Error Máximo del Estándar proyectado (%)	Confiabilidad del modelo del M.A.D (%)	Validación del mapa (>90%)
2.51	97.49	Aceptable

Fuente. Elaboración propia.

Interpretación: En el Cuadro N°6 se observa que el error máximo del estándar proyectado de los niveles de ruido fue de 2.51%, y la confiabilidad del modelo del Mapa Acústico Diurno (M.A.D) del Centro Histórico de Trujillo fue de 97.49%, por lo tanto se considera que el modelo del Mapa N°01 es aceptable dado que presenta una confiabilidad mayor de 90%.

Por otro lado, a modo de verificar prácticamente los niveles de ruido proyectados por el software ArcGIS 10.4, se procedió a realizar mediciones

en calles donde no se realizó el monitoreo inicial a fin de constatar que las mediciones proyectadas concuerden con lo que se genera en la realidad, es por ello que se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro N° 7. Verificación práctica de los niveles de ruido proyectados por el Software ArcGIS 10.4.

Puntos de Monitoreo	L_{AeqT} dB(A)	Tramos de Niveles de ruido dB(A)	Verificación Práctica
Jr. Diego de Almagro 244	69.7	65 - 70	Conforme
Jr. Colón 469	67.6		Conforme
Jr. Gamarra 456	69.2		Conforme
Jr. Ayacucho 548	70.3	70 - 75	Conforme
Av. España 2116	72.2		Conforme
Jr. Bolívar 688	71.1		Conforme
Av. España 1704	77.1	75 - 80	Conforme
Av. España 1670	76.0		Conforme
Av. España 1596	75.4		Conforme

Fuente. Elaboración Propia

Interpretación: En el Cuadro N°7 se visualiza que todas mediciones realizadas en los puntos de monitoreo elegidos aleatoriamente se encuentran conforme con los tramos de niveles de ruido expresados en el *Mapa 01*.

IV. DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados obtenidos en el Cuadro N°5 sobre la medición de los niveles de ruido en horario diurno se aprecia el Nivel Sonoro Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$), así como también el promedio del nivel de ruido mínimo (L_{min}), máximo (L_{max}) y el percentil 90 (L_{90}). La medición de los parámetros básicos de ruido antes mencionados es de suma relevancia para conocer a más detalle el comportamiento acústico en el área de estudio.

En cuanto al Nivel Sonoro Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$), Näf (2013) manifiesta que éste nivel es constante en un determinado período de tiempo, en donde de acuerdo a las mediciones realizadas en horario diurno (7:01 – 22:00 hrs.) se observa que dicho parámetro variaba entre 63.6 dB(A) en el punto 49, Jirón Francisco Pizarro 563, y 77.1 dB(A) en el punto 37, Avenida España 168; las diferencias de dichos niveles se pueden atribuir a que éste último punto se encuentra ubicado en una avenida muy transitable tanto por personas como por vehículos en doble vía a diferencia del punto 49 que se encuentra en un lugar con menor carga vehicular y el direccionamiento es hacia un solo sentido.

Asimismo, para esos mismos puntos de monitoreo el nivel de ruido mínimo (L_{min}) variaba entre 53.7 y 61.1 dB(A), y el nivel de ruido máximo (L_{max}) varió entre 86.1 y 100.2 dB(A), respectivamente, lo registrado en este último parámetro es alarmante ya que representa la medición más alta registrada durante el tiempo de muestreo y según algunos autores refieren, que incluso exposiciones cortas por debajo de 100 dB(A), pueden causar daños permanentes al oído (Kinsler et al, citado por Ramírez A., y Domínguez E., 2011), lo cual para el punto 37, Av. España 168, se observa que se registró 100.2 dB(A) lo que podría atribuirse al sonido que emiten los claxon de los vehículos de transporte público y privado, los cuáles circulan en ambos sentidos en dicha zona. Por otro lado, la medición del percentil 90 (L_{90}) permite conocer cuánto se superó durante el 90% de los 15 minutos del tiempo de monitoreo. Lo cual refiere entonces, que durante

13.5 minutos se superó 57.7 dB(A) en el punto 49, Jr. Francisco Pizarro 563, y 66.2 dB(A) en el punto 37, Av. España 168.

Con referente a los niveles de ruido medidos en las calles del Centro Histórico de Trujillo, éstos son altos considerando lo que propone la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos-EPA US (citado por Ramírez A., y Domínguez E., 2011), la cual menciona que lo adecuado para evitar daños auditivos es 55 dB(A). Sin embargo, en la presente investigación se aprecia en la Figura N°4 que los Niveles Sonoros Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$) varían entre 63.6 y 77.1 dB(A), sobrepasando el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido, el cual detalla que para una zonificación de protección especial en horario diurno lo permitido es 50 dB(A). Asimismo, lo mencionado podría ser un indicio de la existencia de un problema de contaminación sonora al observarse que el 100% de los puntos de muestreo sobrepasan lo normado.

Por otro lado, lo expuesto anteriormente presenta cierta similitud con los resultados obtenidos hace cinco años por el ingeniero Mejía (2015) cuando realizó su investigación en cuanto a la determinación de la calidad ambiental acústica diurna del distrito de Trujillo, en la cual dentro de su área de estudio contempló el sector catastral N°16 que abarcaba al Centro Histórico, y que según el investigador las mediciones de los niveles de ruido realizadas en el 2012 variaban entre 65 a 75 dB(A), por lo tanto también sobrepasaban lo normado y concluyó que la calidad ambiental acústica diurna en el Centro Histórico de la ciudad no era apropiada. Por consiguiente, se observa un ligero incremento en el rango de los niveles de ruido hallado hace unos años con el actual, lo que podría atribuirse a diferentes factores, uno de ellos podría deberse al aumento de diferentes actividades (parque automotor, locales comerciales) que influyen en la generación de ruido.

Con respecto a lo señalado, según Sánchez Rafael (2015) señala que unas de las fuentes con mayor predominancia e influencia para que se propicie

la contaminación sonora es la congestión del parque automotor seguido de los locales comerciales, de los cuales se observa que ambos factores se suscitan en el Centro Histórico de la ciudad; el primero podría evidenciarse en la aglomeración de vehículos en las diferentes calles del centro así como en la avenida España, la cual es la que encierra el área de estudio; la otra fuente se observaría en la presencia de los distintos locales comerciales situados en la mayoría de las calles del centro de la ciudad, como son las tiendas de electrodomésticos, de vestuario y calzado, las que por promocionar sus servicios y/o productos llaman la atención del público colocando música a alto volumen.

Sin embargo, el registro de estos niveles de ruido puede variar relativamente en el tiempo dado que la realidad es dinámica. En ese sentido, Suárez, E. (como se citó en Lobos, 2008), manifiesta que un mapa de ruido es una herramienta de suma relevancia que sirve para dar a conocer el estado del ambiente sonoro de un determinado espacio en un tiempo específico. Con respecto a ello, se muestra el Mapa Acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo (Mapa N°01), el cual representa y comprende el conjunto de modelaciones de ruido distribuidas a lo largo del área de estudio en el periodo de 7:01 hrs a 22:00 hrs.

De ahí que, en el mapa se puede apreciar que destacan principalmente dos colores, como son el rojo lila, que representa las zonas donde se generan niveles de ruido altos que van entre los 70 a 75 dB(A) y es el que engloba gran parte del Centro Histórico; y el carmín, el cual indica zonas donde se generan niveles de ruido más bajos que el anterior, ya que se pueden registrar niveles que van entre los 65 a 70 dB(A), pero el que sean más bajos no indica que no sea perjudicial ya que según Kinsler et al., (citado por Ramírez A., y Domínguez E., 2011), señalan que el nivel de ruido se considera moderado hasta aproximadamente los 60 dB(A), pero si en una zona se sobrepasa dicho valor, esta podría afectar la salud de las personas generando un incremento progresivo de molestias que van desde el estrés,

al dificultar entablar conversaciones, hasta generar lesiones agudas o graves en el oído.

Asimismo, también se observa una pequeña zona de color azul que representa puntos donde el registro de niveles de ruido es muy alto ya que van entre los 75 a 80 dB(A) y esto se generaría aproximadamente en la cuadra quince y dieciséis de la Av. España; con respecto a lo expuesto algunos autores refieren que exposiciones a dichos decibeles pueden alterar la calidad de vida de las personas (Ramírez A., y Domínguez E., 2011). Sin embargo, es justamente en este tramo donde se evidenció que hay un gran flujo vehicular al observarse que es una zona de doble vía además de la presencia de una tercera ruta de entrada de vehículos que salen de la calle Sinchi Roca con dirección a la Av. España, sería esto lo que podría generar que los niveles de ruido registrados en dicha tramo sean muy altos.

Por otro lado, el color cinabrio que representa las zonas donde se registrarían niveles de ruido entre 60 a 65 dB(A) no se evidencia en el mapa, lo cual podría deberse a que solo en un punto (P-49) se registró niveles de ruido dentro de dicho tramo y para que el programa forme las líneas se requiere necesariamente más de un punto cerca que registre también niveles dentro del tramo mencionado.

Para finalizar, la validación de un modelo geo-estadístico permitirá conocer si lo presentado es aceptable o no. Con respecto a ello, Johnston Kevin (como citó Mejía, 2015, p.126) señala que un modelo de este tipo será aceptable cuando presente una confiabilidad superior al 90%. Rescatando lo expuesto, se presenta en el Cuadro N°6 la validación del Mapa Acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo (Mapa N°01), en el cual se aprecia que el error máximo del estándar proyectado de los niveles de ruido es 2.51%, valor que se extrajo del *Anexo 9* y permitió calcular la confiabilidad del mapa en mención, que resulta ser aceptable ya que presenta una confiabilidad de 97.41%, la cual es superior a comparación de

otro modelo validado como el presentado por Mejía Pardo (2015) el cual tiene un error bajo de 5.11% con una confiabilidad de 94.89% y que también es aceptable. La diferencia en cuanto al porcentaje de error podría deberse a la dimensión que se usó en la cuadrícula para determinar los puntos de monitoreo, ya que al utilizarse una rejilla con menor medida podrían los resultados ser más representativos y con ello obtener un error más bajo, aunque también podría depender de la correcta aplicación de la metodología.

Sin embargo, es necesario recalcar que no todas las investigaciones realizan este tipo de validación, como las mencionadas en el capítulo I.2 del presente trabajo, de las cuáles se desconoce qué tan confiable es la presentación de sus modelos de mapa acústico, a excepción de la realizada por Mejía (2015).

Asimismo, otro tipo de verificación poco usual es la que se realiza en la práctica, la cual según el investigador decidió realizar a modo de corroborar que las mediciones proyectadas concuerden con lo que se genera en la realidad, es por ello que se presenta en el Cuadro N°7 la verificación de lo expuesto, donde se aprecia que todas mediciones realizadas en los puntos de monitoreo elegidos aleatoriamente se encuentran conforme con lo descrito en los tramos de los niveles de ruido expresados en el *Mapa 01*.

V. CONCLUSIONES

- 5.1.** Se determinó la ubicación de los 50 puntos de monitoreo en el Centro Histórico de Trujillo expresados en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM).
- 5.2.** Se midió los niveles de ruido en sus diferentes parámetros, hallándose que el Nivel Sonoro Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$), varió entre 63.6 dB(A) en el P-49 (Jr. Francisco Pizarro 563) y 77.1 dB(A) en el P-37 (Av. España 168). Hallándose también que en esos mismos puntos el nivel de ruido mínimo (L_{min}) varió entre 53.7 y 61.1 dB(A), y el nivel de ruido máximo varió entre 86.1 y 100.2 dB(A), respectivamente. Y el percentil 90 (L_{90}), indicó en promedio que durante 13.5 minutos del tiempo de medición se superó los 57.7 dB(A) en el P-49 y en el P-37 se superó 66.2 dB(A).
- 5.3.** Se comparó los Niveles Sonoros Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$) con el Estándar de Calidad Ambiental para una zonificación de protección especial en horario diurno (50 dBA), evidenciándose que el 100% de las mediciones sobrepasaron lo normado.
- 5.4.** Se modeló los Niveles Sonoros Continuo Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$) en el software ArcGIS 10.4, logrando generar el mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, el cual presenta una confiabilidad de 97.49%, por lo que se concluye que el modelo del mapa es aceptable.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Realizar una réplica del estudio cada dos años, a fin de conocer el estado del ambiente sonoro y de evaluar los cambios en cuanto a la calidad ambiental acústica.
- 6.2.** Ampliar el enfoque de la investigación considerando el estudio de la evaluación del estado del ambiente sonoro tanto en horario diurno como nocturno pero no solo del Centro Histórico sino del distrito de Trujillo, de tal manera que permita a las autoridades tener una visión más amplia de la problemática.
- 6.3.** Se recomienda para futuras investigaciones considerar otros criterios técnicos que refuercen el estudio, como determinar las características geográficas y topográficas del entorno, describir las edificaciones contiguas a los puntos de monitoreo, asimismo utilizar otro tipo de software más sofisticado para modelar los niveles de ruido, como el CadnaA.
- 6.4.** Recomendar a la Gerencia del Plan de Desarrollo Territorial realizar una revisión y actualización de la Zonificación de Usos del Suelo Urbano de la Provincia de Trujillo, de tal manera que consideren los criterios de zonificación de las demás normas y leyes que existen a nivel nacional, como el D.S. N°085-2003-PCM, para que así los términos que definan vayan en acorde a las demás normativas y no existan contrariedades.

VII. REFERENCIAS

BACA, William y SEMINARIO, Saúl. Evaluación de Impacto Sonoro en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2012. 79 pp.

Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1327>

DELGADO, Antonio. Elaboración del Mapa de Ruido de Minera Valle Central. Tesis (Título de Ingeniero Civil Acústico). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2013. 105 pp.

Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcd352e/doc/bmfcd352e.pdf>

MEJÍA, Danny. Determinación de la calidad ambiental acústica diurna del distrito de Trujillo durante el año 2012. Tesis (Magíster en Ciencias: Gestión Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de post grado de Ciencias Biológicas, 2015. 132 pp.

Ministerio del Ambiente. Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental [en línea]. 1^{era} ed. Perú: Biblioteca Nacional del Perú, 2014 [fecha de consulta: 30 de mayo de 2017].

Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-ruido-ambiental>

Ministerio del Ambiente. R.M. N°227-2013-MINAM: Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Lima. 2013. 24pp.

Ministerio del Ambiente. Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Lima: 2012. 21 pp.

Municipalidad Provincial de Trujillo. O.M N°001-2012-MPT: Reglamento de Desarrollo Urbano de la Provincia de Trujillo. Trujillo: 2012. 99 pp.

Municipalidad Provincial de Trujillo. O.M N°008-2007-MPT: Ordenanza Municipal de Protección de la Calidad Ambiental Acústica. Trujillo: 2007. 27 pp.

NÄF, Robert. Guía Práctica para el Análisis y la Gestión del Ruido Industrial [en línea]. España: FREMAP, 2013 [fecha de consulta: 15 de junio de 2017].

Disponible en: <http://datos.bne.es/edicion/a5400986.html>

OYEDEPO, S.O. Development of noise map for Ilorin metropolis, Nigeria. *International Journal of Environmental Studies* [en línea]. London: 2013, 12 pp. DOI 10.1080/00207233.2013.813716 [fecha de consulta: 09 de mayo, 2017].

Disponible en: <https://www.mendeley.com/research-papers/development-noise-map-ilorin-metropolis-nigeria/>
ISSN: 0020-7233.

Presidencia de Consejo de Ministros. D.S. N°085-2003-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. Lima: 2003. 11 pp.

RAMÍREZ, Alberto y DOMÍNGUEZ, Efraín. El ruido vehicular urbano: Problemática agobiante de los Países en Vías de Desarrollo. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [en línea]. 2011, vol.35, n. pp.509-530. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2017].
Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000400009&lng=en&nrm=iso. ISSN 0370-3908.

SÁNCHEZ, Rafael. Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva). Tesis de doctorado. Huelva: Universidad de Huelva, Departamento de Física Aplicada, 2015. 243 pp.

Disponible en: <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/11387>

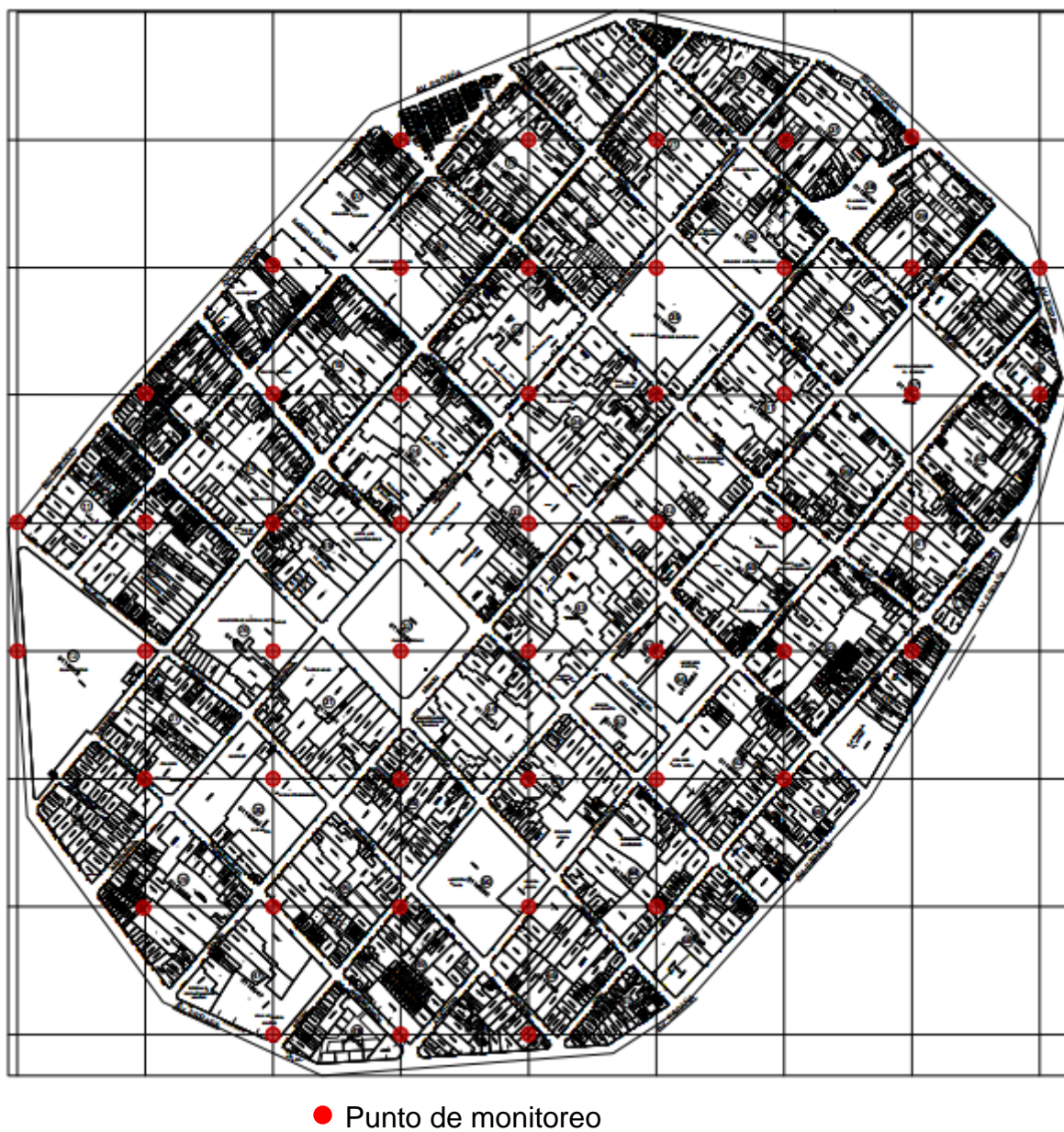
SAQUISILÍ, Silvia. Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la Ciudad de Azogues. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, 2015. 111 pp.

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21945>

WANG, Y., ZHENG, Y. y LIU, T. A noise map of New York city [en línea]. *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication - UbiComp '14 Adjunct*. 2014, 4 pp. DOI 10.1145/2638728.2638776 [fecha de consulta: 11 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/research-papers/noise-map-new-york-city/>

ANEXOS

Anexo 1. Estaciones de muestreo de ruido ambiental en el área de estudio



Fuente: Municipalidad Provincial de Trujillo, 2017.

Modificado

por:

Morales,

2017.

Anexo 2. Ficha de registro de datos

Hoja N° _____

DATOS GENERALES DEL MONITOREO DE RUIDO EN HORARIO DIURNO

SITIO DONDE SE REALIZA EL MUESTREO: Centro Histórico de Trujillo

FECHA: _____
(dd/mm/aa)

PUNTO	COORDENADAS UTM		UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	
	X	Y		
ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL				
ZONIFICACIÓN DE USO DE SUELO			HORARIO	Nivel de ruido permitido - L_{AeqT} dB(A)
			Diurno	
PERIODO	INTERVALOS DE TIEMPO	dB(A)		
		L_{AeqT}	L_{max}	L_{min}
DIURNO 7:01 – 22:00 hrs.	07:01 - 10:00 hrs.			
	10:01 - 13:00 hrs.			
	13:01 - 16:00 hrs.			
	16:01 - 19:00 hrs.			
	19:01 - 22:00 hrs.			
PROMEDIO				
CUMPLIMIENTO CON EL ECA		SOBREPASA <input type="checkbox"/> NO SOBREPASA <input type="checkbox"/>		
FOTOGRAFÍA				

OBSERVACIONES: _____

Indicar si sea el caso alguna incidencia ocurrida durante el monitoreo, anotar especificaciones u observaciones que considere relevante en la influencia de los resultados.

Fuente: Mejía Danny, 2015.

Modificado por: Morales, 2017.

Anexo 3. Ubicación de los puntos de monitoreo de ruido, según coordenadas UTM ubicados en el área de estudio.

PUNTOS	DIRECCIÓN	COORDENADAS UTM	
		ESTE (m)	NORTE (m)
P-1	Jr. Junín 138	717207	9103386
P-2	Jr. Junín 324	717371	9103243
P-3	Jr. Junín 491	717531	9103098
P-4	Jr. Colón 262	717405	9103404
P-5	Jr. San Martín 862	717495	9103437
P-6	Jr. Independencia 678	717407	9103151
P-7	Jr. Estete 411	717630	9103371
P-8	Jr. Estete 568	717787	9103217
P-9	Jr. Bolívar 753	717688	9103046
P-10	Jr. Francisco Pizarro 875	717696	9103254
P-11	Jr. Independencia 765	717500	9103243
P-12	Av. España 762	717046	9103263
P-13	Jr. Zepita 656	717195	9103284
P-14	Jr. Orbegoso 212	717058	9103094
P-15	Jr. Orbegoso 319	717198	9102941
P-16	Jr. San Martín 435	717068	9102949
P-17	Jr. San Martín 587	717225	9102131
P-18	Av. España 1380	717814	9103405
P-19	Av. España 1578	717963	9103209
P-20	Av. España 1664	717990	9103099
P-21	Jr. Ayacucho 860	717870	9103069
P-22	Jr. Colón 744	717855	9102973
P-23	Pje. Santa Rosa 122	716935	9103082
P-24	Av. España 508	716780	9102946
P-25	Av. España 397	716778	9102777
P-26	Jr. Alfonso Ugarte 348	716898	9102644
P-27	Jr. Bolognesi 281	716912	9102805
P-28	Jr. Zepita 376	716913	9102972
P-29	Jr. Independencia 341	717071	9102757
P-30	Jr. Bolognesi 437	717081	9102675
P-31	Jr. Francisco Pizarro 359	717191	9102676
P-32	Jr. Diego de Almagro 468	717195	9102740
P-33	Jr. Orbegoso 520	717336	9102794
P-34	Jr. Bolívar 430	717348	9102649
P-35	Pje. Armas 11	717524	9102769
P-36	Jr. Ayacucho 613	717632	9102793
P-37	Av. España 168	716878	9102464
P-38	Jr. Bolívar 108	717083	9102330
P-39	Jr. Alfonso Ugarte 699	717221	9102337
P-40	Jr. Bolognesi 785	717386	9102349
P-41	Jr. Bolívar 276	717215	9102489
P-42	Jr. Alfonso Ugarte 531	717084	9102478
P-43	Jr. Junín 631	717675	9102959
P-44	Jr. Miguel Grau 689	717814	9102809
P-45	Jr. Miguel Grau 579	717674	9102649
P-46	Jr. Miguel Grau 439	717528	9102481
P-47	Jr. Ayacucho 372	717377	9102491
P-48	Jr. Orbegoso 704	717500	9102626
P-49	Jr. Francisco Pizarro 563	717402	9102915
P-50	Jr. Gamarra 553	717481	9102907

Fuente. Elaboración Propia

Anexo 4. Mediciones de los Niveles de Presión Sonora Continuo Equivalente (L_{AeqT}) por cada intervalo horario.

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		L_{AeqT} dB(A)					
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	Promedio (L_{AeqT} , D)
04/09/2017	P-1	717207	9103386	67.2	66.2	66.5	69.0	68.7	67.7
04/09/2017	P-2	717371	9103243	68.9	68.2	67.9	70.8	70.3	69.4
04/09/2017	P-3	717531	9103098	69.9	74.6	69.8	74.4	72.5	72.7
04/09/2017	P-4	717405	9103404	69.1	68.2	70.4	79.5	66.4	73.8
04/09/2017	P-5	717495	9103437	69.8	67.4	70.9	70.1	71.5	70.1
05/09/2017	P-6	717407	9103151	70.4	69.9	70.9	68.9	70.8	70.2
05/09/2017	P-7	717630	9103371	69.4	71.7	72.4	69.5	70.2	70.8
05/09/2017	P-8	717787	9103217	71.5	72.2	73.1	68.5	70.4	71.4
05/09/2017	P-9	717688	9103046	70.1	69.1	68.9	69.3	69.6	69.4
05/09/2017	P-10	717696	9103254	60.5	64.4	64.4	64.5	71.1	66.5
05/09/2017	P-11	717500	9103243	70.4	69.4	70.4	74.5	67.6	71.1
06/09/2017	P-12	717046	9103263	71.6	71.9	80.6	77.8	73.3	76.6
06/09/2017	P-13	717195	9103284	69.9	68.3	78.1	69.2	70.5	73.0
06/09/2017	P-14	717058	9103094	67.9	70.7	75.0	70.8	71.5	71.8
06/09/2017	P-15	717198	9102941	71.9	70.5	79.7	76.3	73.6	75.7
06/09/2017	P-16	717068	9102949	69.0	67.7	69.1	70.2	69.6	69.2
06/09/2017	P-17	717225	9102131	69.2	68.1	68.9	70.5	70.1	69.4
07/09/2017	P-18	717814	9103405	74.6	75.7	73.4	76.7	75.9	75.4
07/09/2017	P-19	717963	9103209	76.7	75.1	75.6	75.2	77.3	76.1
07/09/2017	P-20	717990	9103099	74.8	73.6	73.9	74.4	78.4	75.4
07/09/2017	P-21	717870	9103069	74.1	71.8	75.3	71.4	73.8	73.5
07/09/2017	P-22	717855	9102973	68.8	70.2	68.2	74.2	69.7	70.8
08/09/2017	P-23	716935	9103082	65.8	64.5	64.6	66.2	64.5	65.2
08/09/2017	P-24	716780	9102946	73.7	74.6	75.4	73.8	76.9	75.0
08/09/2017	P-25	716778	9102777	76.8	78.3	75.5	75.8	73.5	76.3

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		L _{AeqT} dB(A)					
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	Promedio (L _{AeqT} , D)
08/09/2017	P-26	716898	9102644	69.3	66.9	68.3	69.1	70.2	68.9
08/09/2017	P-27	716912	9102805	70.8	69.2	68.8	70.6	68.0	69.6
08/09/2017	P-28	716913	9102972	66.0	65.2	68.6	64.6	66.2	66.4
20/09/2017	P-29	717071	9102757	68.3	74.4	71.2	70.0	69.4	71.2
20/09/2017	P-30	717081	9102675	66.9	70.5	69.0	77.5	71.5	72.8
20/09/2017	P-31	717191	9102676	66.6	71.4	70.3	68.9	71.5	70.1
20/09/2017	P-32	717195	9102740	67.6	65.7	68.1	69.4	67.7	67.9
20/09/2017	P-33	717336	9102794	72.0	75.6	72.3	71.9	75.6	73.9
20/09/2017	P-34	717348	9102649	71.6	68.9	72.7	70.9	72.2	71.4
02/10/2017	P-35	717524	9102769	65.5	65.5	65.2	66.9	72.6	68.3
02/10/2017	P-36	717632	9102793	70.2	70.9	74.1	72.0	72.6	72.2
21/09/2017	P-37	716878	9102464	74.8	75.2	77.6	77.8	78.8	77.1
21/09/2017	P-38	717083	9102330	71.0	71.3	71.9	72.4	76.0	73.0
21/09/2017	P-39	717221	9102337	70.0	68.8	69.1	67.2	66.5	68.5
21/09/2017	P-40	717386	9102349	70.3	70.0	70.6	69.6	71.2	70.4
21/09/2017	P-41	717215	9102489	72.0	69.1	69.1	71.5	69.8	70.5
21/09/2017	P-42	717084	9102478	67.3	68.8	70.8	68.7	68.8	69.0
02/10/2017	P-43	717675	9102959	72.2	72.5	71.1	71.7	73.7	72.3
03/10/2017	P-44	717814	9102809	73.3	72.4	71.3	72.9	76.4	73.6
03/10/2017	P-45	717674	9102649	71.8	74.4	72.9	73.7	71.4	73.0
03/10/2017	P-46	717528	9102481	71.3	71.0	70.8	70.4	70.8	70.9
03/10/2017	P-47	717377	9102491	69.8	68.4	67.4	68.0	70.8	69.1
02/10/2017	P-48	717500	9102626	75.5	74.6	72.1	71.9	73.4	73.7
02/10/2017	P-49	717402	9102915	61.2	64.7	60.1	66.1	63.4	63.6
02/10/2017	P-50	717481	9102907	69.9	72.0	70.1	73.2	70.7	71.4

Fuente. Elaboración propia

Anexo 5. Mediciones de los Niveles de Ruido Mínimo (Lmin) en cada intervalo horario.

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		Lmin (A)					Promedio
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	Lmin (A)
04/09/2017	P-1	717207	9103386	54.2	54.2	54.0	55.3	57.0	55.1
04/09/2017	P-2	717371	9103243	54.2	52.8	50.1	53.8	55.1	53.5
04/09/2017	P-3	717531	9103098	50.5	53.8	54.1	57.1	52.6	54.2
04/09/2017	P-4	717405	9103404	49.9	50.0	51.8	51.3	47.9	50.4
04/09/2017	P-5	717495	9103437	50.9	47.3	50.7	52.3	51.9	50.9
05/09/2017	P-6	717422	9103151	48.2	51.2	53.1	51.5	53.7	51.9
05/09/2017	P-7	717646	9103391	52.5	55.3	51.6	50.9	50.2	52.5
05/09/2017	P-8	717787	9103217	51.1	51.2	51.1	52.9	52.7	51.9
05/09/2017	P-9	717680	9103053	51.9	54.0	56.5	54.1	54.1	54.4
05/09/2017	P-10	717722	9103280	51.9	56.8	57.0	57.5	58.8	56.9
05/09/2017	P-11	717498	9103254	52.5	50.9	53.0	53.4	51.8	52.4
06/09/2017	P-12	717002	9103237	53.9	57.4	67.4	57.9	55.8	61.6
06/09/2017	P-13	717209	9103307	51.2	53.9	61.2	52.0	52.9	56.1
06/09/2017	P-14	717055	9103094	52.0	52.3	55.5	54.9	53.4	53.8
06/09/2017	P-15	717143	9103006	55.1	53.6	57.3	58.2	54.7	56.1
06/09/2017	P-16	717067	9102943	51.5	47.6	49.8	53.2	53.9	51.8
06/09/2017	P-17	717220	9103135	54.4	55.2	55.6	56.1	56.2	55.5
07/09/2017	P-18	717822	9103417	59.4	62.3	60.1	62.2	62.3	61.4
07/09/2017	P-19	717975	9103243	62.9	63.8	61.4	62.8	64.5	63.2
07/09/2017	P-20	717987	9103100	61.6	61.6	58.2	62.3	60.8	61.1
07/09/2017	P-21	717871	9103068	52.7	53.3	52.2	60.7	57.3	56.6
07/09/2017	P-22	717853	9102969	49.6	49.9	53.6	54.3	51.6	52.2
08/09/2017	P-23	716935	9103082	48.2	45.9	49.5	49.7	49.1	48.7
08/09/2017	P-24	716780	9102957	60.0	63.0	62.8	62.1	62.2	62.1
08/09/2017	P-25	716746	9102772	60.7	60.6	54.8	56.3	58.1	58.7
08/09/2017	P-26	716897	9102645	48.5	49.1	48.5	50.1	49.4	49.2

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		Lmin (A)					Promedio
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	Lmin (A)
08/09/2017	P-27	716916	9102817	49.6	49.8	51.9	51.7	51.9	51.1
08/09/2017	P-28	716916	9102971	51.8	50.6	54.4	52.3	56.7	53.7
20/09/2017	P-29	717064	9102765	52.0	54.9	49.8	50.7	47.7	51.7
20/09/2017	P-30	717081	9102680	53.6	57.9	52.8	56.4	56.0	55.7
20/09/2017	P-31	717183	9102672	55.8	58.7	57.1	56.3	56.0	56.9
20/09/2017	P-32	717187	9102740	53.0	51.7	52.2	53.4	52.4	52.6
20/09/2017	P-33	717335	9102790	59.7	60.8	61.2	60.7	60.9	60.7
20/09/2017	P-34	717349	9102649	54.2	56.0	57.1	54.7	60.2	57.0
02/10/2017	P-35	717571	9102756	56.5	55.8	57.1	57.6	58.2	57.1
02/10/2017	P-36	717628	9102803	53.1	58.5	54.9	59.0	58.5	57.4
21/09/2017	P-37	716879	9102463	61.3	59.9	59.5	61.1	62.9	61.1
21/09/2017	P-38	717083	9102329	55.6	57.7	58.5	61.6	60.7	59.3
21/09/2017	P-39	717226	9102333	55.5	56.8	54.3	52.9	53.4	54.8
21/09/2017	P-40	717387	9102348	52.8	51.1	54.5	53.4	54.8	53.5
21/09/2017	P-41	717207	9102480	51.0	54.3	50.1	53.0	55.7	53.3
21/09/2017	P-42	717076	9102487	61.0	61.3	51.1	51.1	52.1	57.8
02/10/2017	P-43	717674	9102963	53.9	62.3	60.6	60.8	58.0	59.9
03/10/2017	P-44	717811	9102812	55.4	57.7	58.4	62.5	60.9	59.7
03/10/2017	P-45	717669	9102651	52.4	58.1	56.9	54.1	53.7	55.6
03/10/2017	P-46	717527	9102483	54.0	54.2	57.1	58.0	58.2	56.7
03/10/2017	P-47	717705	9102882	50.7	54.5	51.0	54.4	54.7	53.4
02/10/2017	P-48	717500	9102626	59.7	60.0	57.6	57.9	57.5	58.7
02/10/2017	P-49	717402	9102915	46.8	53.5	50.9	57.0	54.6	53.7
02/10/2017	P-50	717502	9102865	52.1	60.1	56.2	57.6	56.0	57.1

Fuente. Elaboración propia

Anexo 6. Mediciones de los Niveles de Ruido Máximo (Lmax) en cada intervalo horario.

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		Lmax (A)					Promedio
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	Lmax (A)
04/09/2017	P-1	717207	9103386	89.9	84.5	87.9	91.9	97.6	92.6
04/09/2017	P-2	717371	9103243	93.9	89.2	87.9	94.8	92.2	92.3
04/09/2017	P-3	717531	9103098	93.9	100.1	94.1	95.8	94.7	96.4
04/09/2017	P-4	717405	9103404	88.8	94.1	95.3	106.9	86.6	100.5
04/09/2017	P-5	717495	9103437	90.1	94.0	96.1	95.8	94.2	94.5
05/09/2017	P-6	717422	9103151	93.7	91.2	93.4	85.6	99.4	94.7
05/09/2017	P-7	717646	9103391	93.1	94.6	95.2	93.7	92.0	93.9
05/09/2017	P-8	717787	9103217	90.6	92.4	103.3	87.5	90.7	97.2
05/09/2017	P-9	717680	9103053	91.8	91.2	88.4	92.1	89.2	90.8
05/09/2017	P-10	717722	9103280	81.7	81.9	80.9	82.0	88.2	84.0
05/09/2017	P-11	717498	9103254	88.6	94.9	91.2	90.7	92.9	92.2
06/09/2017	P-12	717002	9103237	97.1	94.2	103.8	104.6	94.0	101.0
06/09/2017	P-13	717209	9103307	97.8	84.1	99.1	91.5	87.1	95.1
06/09/2017	P-14	717055	9103094	91.9	101.8	106.6	94.6	100.0	101.8
06/09/2017	P-15	717143	9103006	94.5	93.5	111.6	98.7	99.8	105.2
06/09/2017	P-16	717067	9102943	93.4	95.8	90.8	95.9	92.1	94.0
06/09/2017	P-17	717220	9103135	99.0	90.2	88.4	97.4	95.5	95.7
07/09/2017	P-18	717822	9103417	95.9	93.4	92.7	97.2	98.6	96.1
07/09/2017	P-19	717975	9103243	98.0	99.6	97.5	97.8	102.3	99.5
07/09/2017	P-20	717987	9103100	95.8	93.2	91.0	99.5	107.6	101.7
07/09/2017	P-21	717871	9103068	99.5	93.6	93.6	96.5	97.7	96.8
07/09/2017	P-22	717853	9102969	91.7	95.6	88.5	98.3	96.2	95.2
08/09/2017	P-23	716935	9103082	81.0	84.6	79.4	85.3	82.3	83.1
08/09/2017	P-24	716780	9102957	96.3	93.8	98.1	94.1	101.9	97.9
08/09/2017	P-25	716746	9102772	97.9	113.3	100.1	96.6	91.6	106.7
08/09/2017	P-26	716897	9102645	95.3	88.8	88.9	91.2	86.5	91.3

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		Lmax (A)					Promedio
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	Lmax (A)
08/09/2017	P-27	716916	9102817	92.3	97.2	91.9	101.7	94.3	97.2
08/09/2017	P-28	716916	9102971	94.5	89.5	96.9	84.9	87.4	92.8
20/09/2017	P-29	717064	9102765	88.9	101.4	99.8	98.3	94.5	98.3
20/09/2017	P-30	717081	9102680	87.0	100.5	86.6	106.9	72.9	100.9
20/09/2017	P-31	717183	9102672	84.0	92.5	92.3	86.5	99.9	94.5
20/09/2017	P-32	717187	9102740	87.9	86.3	90.5	91.9	90.5	89.9
20/09/2017	P-33	717335	9102790	96.9	100.4	92.5	96.2	98.1	97.5
20/09/2017	P-34	717349	9102649	99.0	90.4	100.2	98.2	97.1	98.0
02/10/2017	P-35	717571	9102756	84.2	88.0	88.5	88.0	91.6	88.7
02/10/2017	P-36	717628	9102803	93.9	94.3	104.8	93.6	94.3	99.1
21/09/2017	P-37	716879	9102463	98.6	96.3	100.5	99.8	103.1	100.2
21/09/2017	P-38	717083	9102329	97.2	98.2	96.5	95.9	97.5	97.1
21/09/2017	P-39	717226	9102333	93.0	92.5	93.5	94.6	87.6	92.8
21/09/2017	P-40	717387	9102348	92.2	97.8	96.2	93.6	91.3	94.9
21/09/2017	P-41	717207	9102480	93.9	95.1	95.8	100.9	95.2	97.0
21/09/2017	P-42	717076	9102487	89.6	92.3	89.3	88.8	86.0	89.7
02/10/2017	P-43	717674	9102963	91.6	94.3	94.0	94.0	99.9	95.8
03/10/2017	P-44	717811	9102812	92.4	100.2	93.6	95.9	104.6	99.8
03/10/2017	P-45	717669	9102651	91.1	95.6	98.9	102.5	91.8	98.1
03/10/2017	P-46	717527	9102483	95.7	97.3	93.8	94.0	94.6	95.3
03/10/2017	P-47	717705	9102882	98.5	94.7	94.3	86.8	96.9	95.6
02/10/2017	P-48	717500	9102626	101.2	96.8	98.7	97.0	98.6	98.8
02/10/2017	P-49	717402	9102915	83.2	83.6	77.5	91.6	79.6	86.1
02/10/2017	P-50	717502	9102865	90.0	97.5	95.3	100.1	92.9	96.5

Fuente. Elaboración propia

Anexo 7. Mediciones del percentil 90 (L90) de los niveles de ruido en cada intervalo horario.

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		L90 (A)					Promedio
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	L90 (A)
04/09/2017	P-1	717207	9103386	60.0	58.5	58.1	59.6	60.8	59.5
04/09/2017	P-2	717371	9103243	58.9	57.7	55.2	60.3	61.0	59.1
04/09/2017	P-3	717531	9103098	56.2	59.9	58.0	62.5	50.0	58.9
04/09/2017	P-4	717405	9103404	55.7	54.7	55.9	56.7	54.0	55.5
04/09/2017	P-5	717495	9103437	55.5	53.9	54.9	55.3	57.3	55.5
05/09/2017	P-6	717422	9103151	54.7	57.2	58.2	56.1	58.2	57.1
05/09/2017	P-7	717646	9103391	59.9	61.3	61.0	59.7	60.1	60.4
05/09/2017	P-8	717787	9103217	58.5	57.2	57.5	57.5	58.4	57.9
05/09/2017	P-9	717680	9103053	58.0	61.0	59.7	58.9	58.6	59.4
05/09/2017	P-10	717722	9103280	55.3	60.1	59.7	60.6	64.9	61.2
05/09/2017	P-11	717498	9103254	58.5	59.4	58.4	60.5	56.2	58.8
06/09/2017	P-12	717002	9103237	60.5	62.4	71.2	64.7	62.8	66.2
06/09/2017	P-13	717209	9103307	57.1	57.2	66.4	56.6	60.1	61.4
06/09/2017	P-14	717055	9103094	57.2	58.2	59.3	60.0	59.4	58.9
06/09/2017	P-15	717143	9103006	60.8	58.7	62.0	64.0	62.0	61.8
06/09/2017	P-16	717067	9102943	56.9	54.9	56.2	58.4	59.9	57.6
06/09/2017	P-17	717220	9103135	60.0	60.0	61.8	61.9	62.2	61.3
07/09/2017	P-18	717822	9103417	66.9	67.3	66.1	67.3	67.3	67.0
07/09/2017	P-19	717975	9103243	67.2	67.4	66.6	67.6	68.5	67.5
07/09/2017	P-20	717987	9103100	66.6	61.1	66.5	66.8	66.2	65.9
07/09/2017	P-21	717871	9103068	62.9	60.9	60.2	63.6	63.7	62.5
07/09/2017	P-22	717853	9102969	56.0	56.8	58.0	60.7	56.4	58.0
08/09/2017	P-23	716935	9103082	53.4	52.6	55.8	56.8	54.7	54.9
08/09/2017	P-24	716780	9102957	66.1	67.4	66.9	67.1	66.9	66.9
08/09/2017	P-25	716746	9102772	67.4	65.9	61.2	66.5	65.9	65.8
08/09/2017	P-26	716897	9102645	55.0	53.4	56.2	56.4	52.8	55.0

FECHA	PUNTO	COORDENADAS		L90 (A)					Promedio
		X	Y	7:00 - 10:00 hrs.	10:01 - 13:00 hrs.	13:01 - 16:00 hrs.	16:01 - 19:00 hrs.	19:01 - 22:00 hrs.	L90 (A)
08/09/2017	P-27	716916	9102817	52.8	54.0	57.7	55.3	57.1	55.8
08/09/2017	P-28	716916	9102971	55.4	54.6	57.9	57.8	59.6	57.4
20/09/2017	P-29	717064	9102765	57.6	60.4	57.2	52.7	53.2	57.1
20/09/2017	P-30	717081	9102680	58.2	61.4	57.6	61.0	60.8	60.1
20/09/2017	P-31	717183	9102672	58.4	62.3	61.4	60.3	60.8	60.8
20/09/2017	P-32	717187	9102740	57.8	56.8	56.9	58.6	58.8	57.9
20/09/2017	P-33	717335	9102790	62.8	65.1	64.2	63.5	64.8	64.2
20/09/2017	P-34	717349	9102649	59.6	60.0	61.5	59.8	63.5	61.2
02/10/2017	P-35	717571	9102756	60.0	59.4	60.3	61.3	64.1	61.4
02/10/2017	P-36	717628	9102803	59.4	62.7	60.5	75.4	64.2	69.2
21/09/2017	P-37	716879	9102463	65.3	65.9	65.0	66.5	67.9	66.2
21/09/2017	P-38	717083	9102329	63.7	63.1	64.4	65.3	64.1	64.2
21/09/2017	P-39	717226	9102333	61.8	61.6	60.1	56.8	58.7	60.2
21/09/2017	P-40	717387	9102348	58.1	56.3	59.2	58.4	59.1	58.3
21/09/2017	P-41	717207	9102480	59.6	60.3	54.5	59.3	60.9	59.4
21/09/2017	P-42	717076	9102487	62.8	63.7	57.0	56.5	57.3	60.6
02/10/2017	P-43	717674	9102963	60.1	65.3	65.2	64.1	63.9	64.1
03/10/2017	P-44	717811	9102812	62.2	63.4	62.6	66.1	64.5	64.0
03/10/2017	P-45	717669	9102651	57.7	63.4	62.7	58.4	60.1	61.0
03/10/2017	P-46	717527	9102483	59.1	61.2	61.1	61.2	61.3	60.9
03/10/2017	P-47	717705	9102882	56.4	59.2	56.1	59.0	60.1	58.4
02/10/2017	P-48	717500	9102626	64.5	64.3	62.5	63.1	64.2	63.8
02/10/2017	P-49	717402	9102915	51.0	57.7	54.1	61.1	58.3	57.7
02/10/2017	P-50	717502	9102865	59.3	63.8	61.6	62.6	60.4	61.8

Fuente. Elaboración propia

Anexo 8. Procedimiento para la elaboración del Mapa Acústico Diurno utilizando el software ArcGIS 10.4

A manera de comprender cómo se elaboró el mapa acústico en el Software ArcGIS 10.4, se presenta el siguiente procedimiento del paso a paso que se siguió para generar el Mapa de Ruido Diurno del Centro Histórico de Trujillo, para el cual se empleó las técnicas de interpolación geoestadísticas de Kriging-Ordinario.

Se partió primero por un análisis exploratorio de los datos, lo que es recomendable para iniciar un análisis geoestadístico con Arcgis, y por último se procedió con el análisis estructural de éstos.

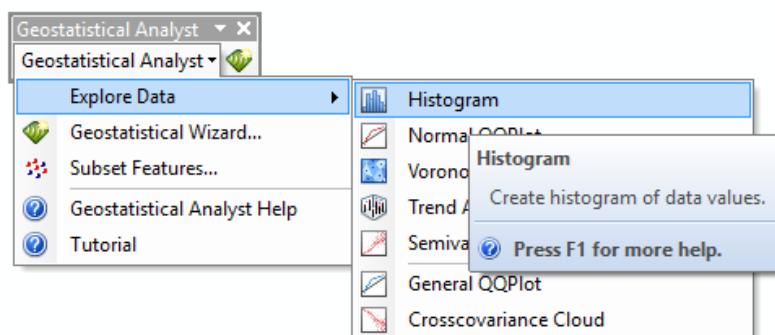
1. Análisis Exploratorio de los datos

- **Paso 1.-** Lo primero que se debe hacer es crear un shape de los puntos de monitoreo a partir de los datos de las coordenadas geográficas.

En este caso, se usó el shape de puntos donde se tiene datos del Nivel Sonoro Equivalente Día ($L_{AeqT, D}$) obtenido de cada punto de monitoreo establecido en el centro de la ciudad, el cual se denomina *Puntos_Monitoreo.shp*.

- **Paso 2.-** Luego se accede a *Geostatistical Analyst* → *Explore Data* → *Histogram*, tal como se muestra en la figura.

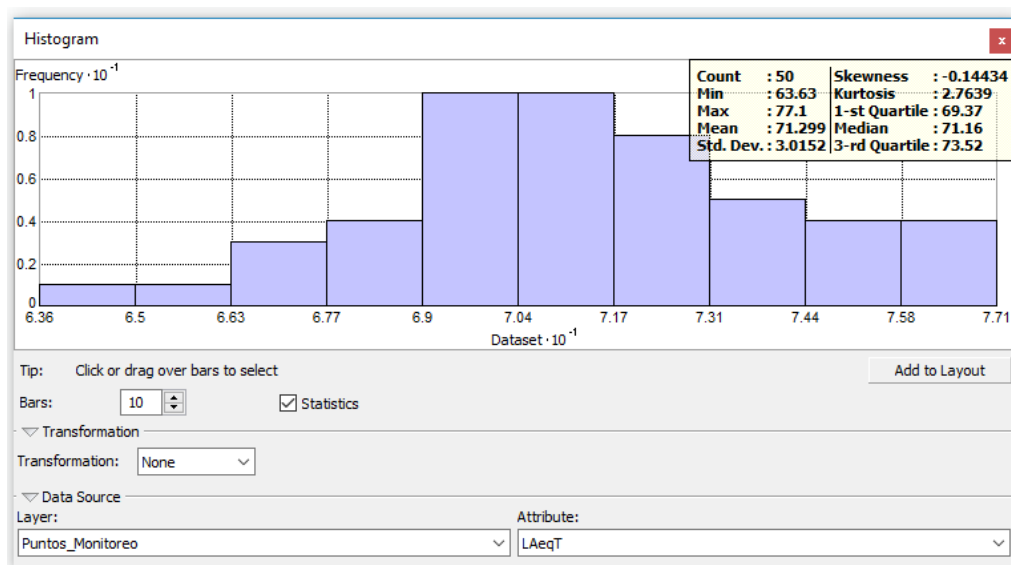
Figura N° 5. Pasos para ingresar al Histograma



Fuente. Elaboración propia

A continuación, aparecerá la siguiente ventana:

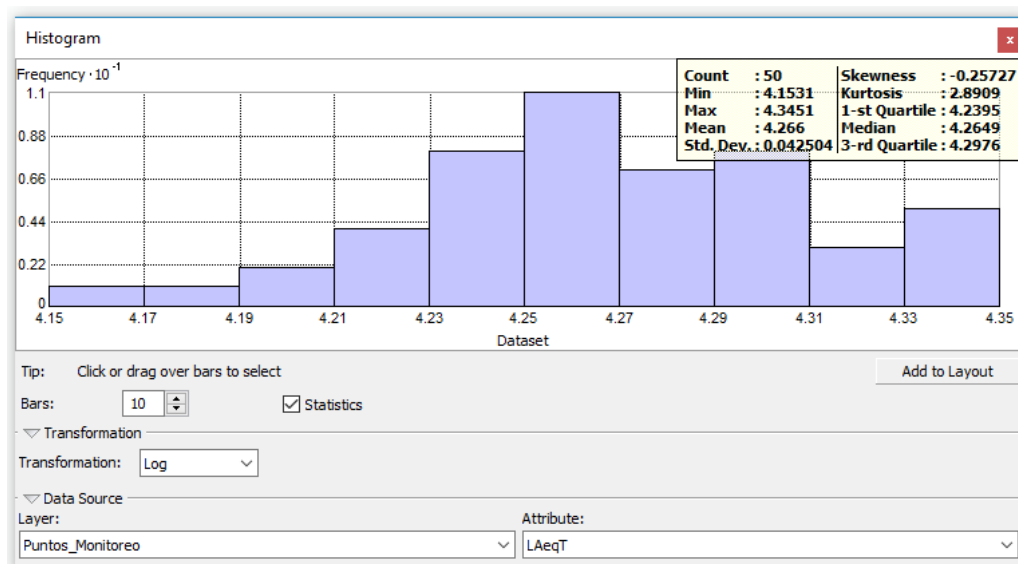
Figura N° 6. Histograma por defecto



Fuente. Elaboración propia

- **Paso 3.-** Se selecciona el campo “**L_{AeqT}**” (Nivel Sonoro Equivalente Día). Y se da clic en Tranformation → Log

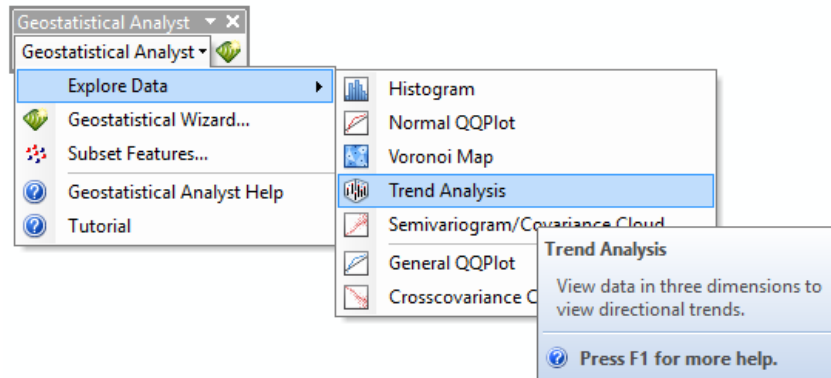
Figura N° 7. Histograma elaborado



Fuente. Elaboración propia

- **Paso 4.-** Después se selecciona: *Geostatistical Analyst* → *Explore Data* → *Trend Analysis*, tal como se muestra en la figura.

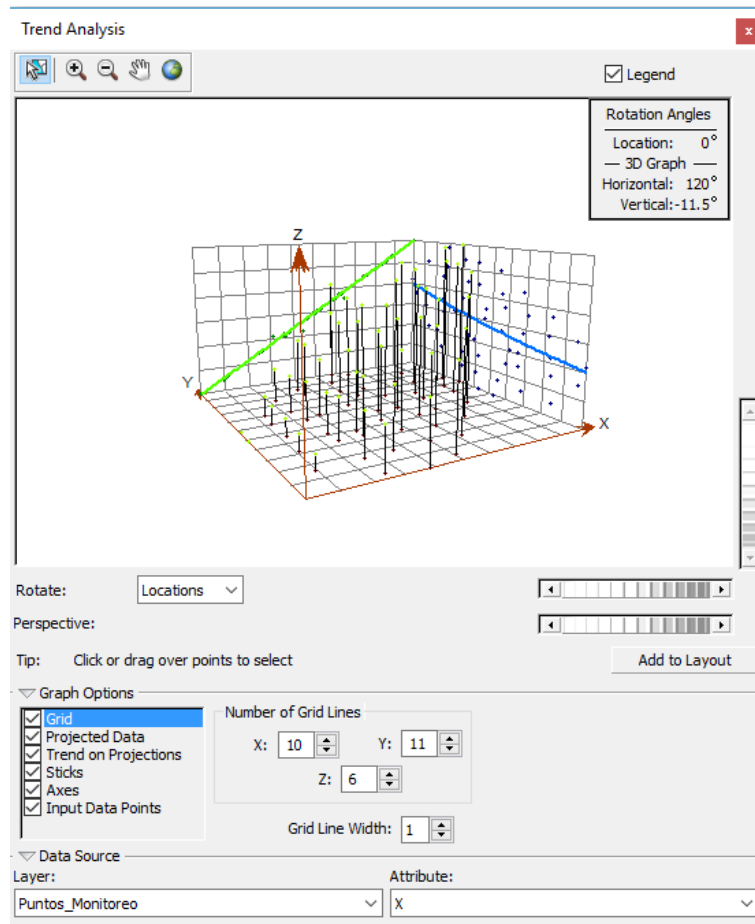
Figura N° 8. Pasos para ingresar al Trend Analysis



Fuente. Elaboración propia

Obteniéndose lo siguiente:

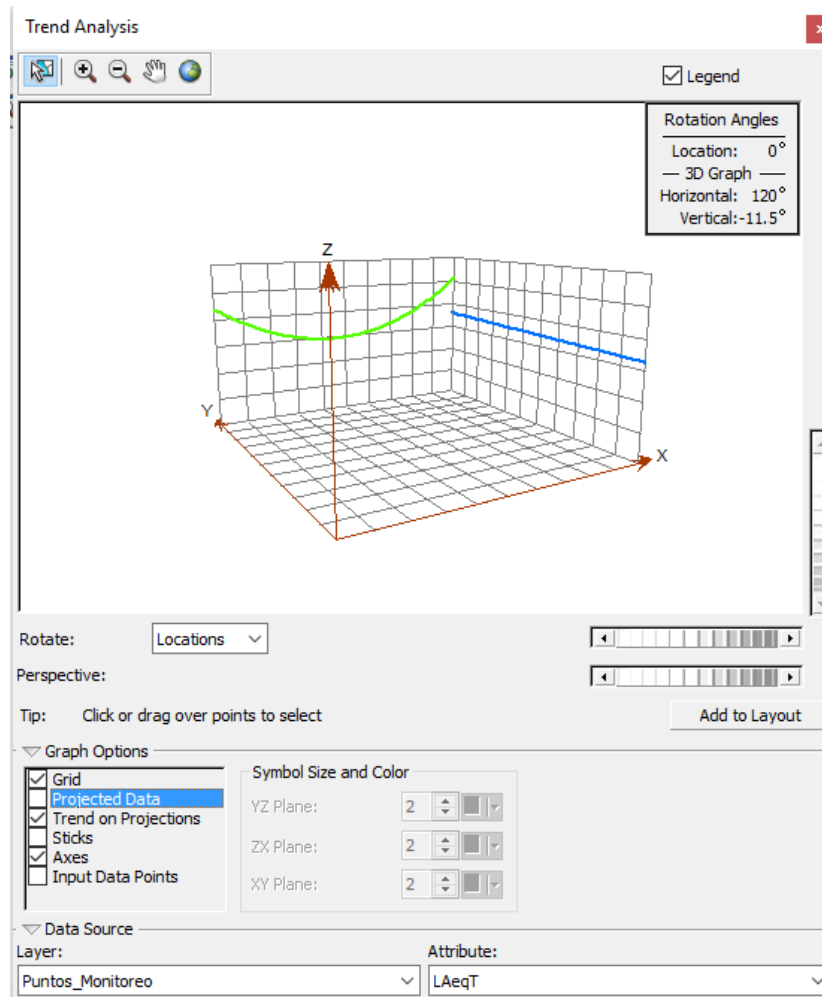
Figura N° 9. Trend Analysis por defecto



Fuente. Elaboración propia

Luego, se da clic en Attribute y se selecciona el campo " L_{AeqT} ", y se visualizará la siguiente ventana, la cual permitirá ver qué tendencia siguen los datos. En la siguiente figura se evidencia que la tendencia direccional es una curva con una concavidad. En *Graph options*, damos clic en *Projected Data*, *Sticks*, *Input Data Points* para que desaparezcan de la gráfica.

Figura N° 10. Trend Analysis de los datos



Fuente. Elaboración propia

2. Análisis estructural de los datos

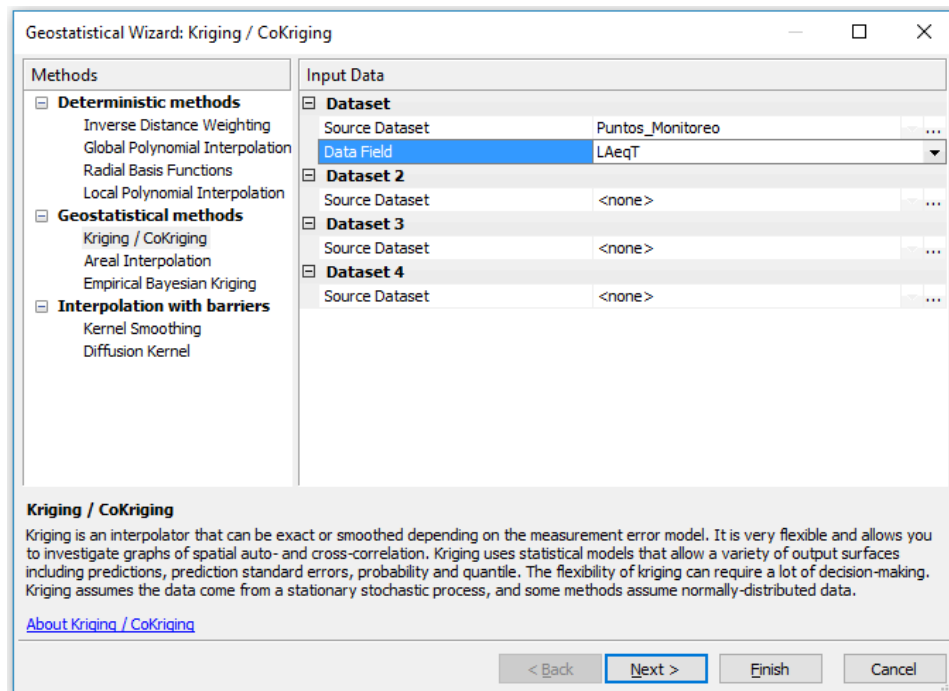
- **Paso 5.-** Una vez identificada la tendencia de los datos, el siguiente paso es el análisis estructural y la realización del modelo geoestadístico con los datos, para ello se da clic en *Geostatistical Analyst* → *Geostatistical Wizard*.

Method: Se debe seleccionar el método con el cual se quieren analizar los datos, en este caso es *Kriging*

Source dataset: el shape al cual se le debe aplicar el análisis geoestadístico en este caso es *Puntos de monitoreo*.

Data field: El campo con el que se quiere realizar el análisis geoestadístico. En este caso es el Nivel Sonoro Equivalente Día (L_{AeqT} , D).

Figura N° 11. Selección de método de análisis de los datos

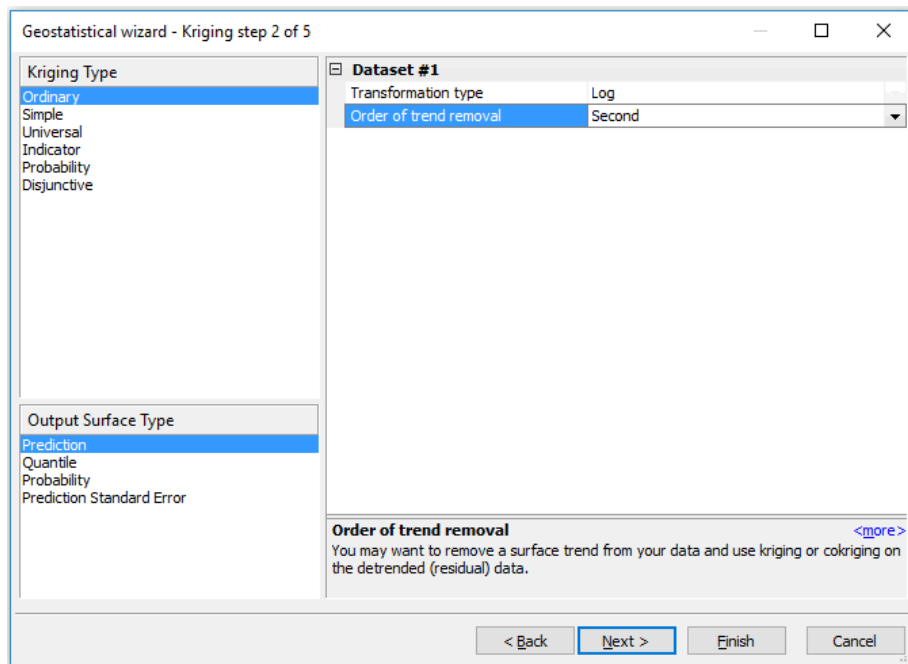


Fuente. Elaboración propia

Luego se da clic en el botón *Next>* y aparecerá la siguiente ventana, donde se completa la siguiente información:

- En Geostatistical methods, se selecciona *Ordinary Kriging-Prediction Map*.
- En Transformation type, se selecciona *Log*, pues ya habíamos concluido que es necesario realizar transformación logarítmica.
- En Order of trend removal, se selecciona la opción *Second*, pues habíamos visto que los datos siguen una tendencia de segundo orden.

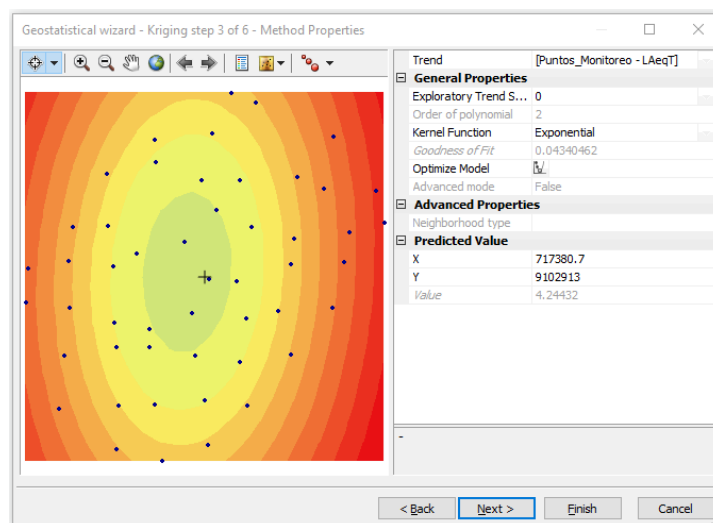
Figura N° 12. Selección del tipo de Kriging



Fuente. Elaboración propia

Luego se da clic en *Next>*, y aparecerá una ventana que permite concluir si los datos presentan anisotropía direccional o no la presentan. Si en la gráfica aparece un círculo, como en la siguiente figura, no hay anisotropía direccional y si aparece otra forma se concluye que existe anisotropía direccional; esto se debe tener presente ya que en la ventana siguiente se deberá indicar a la herramienta este parámetro.

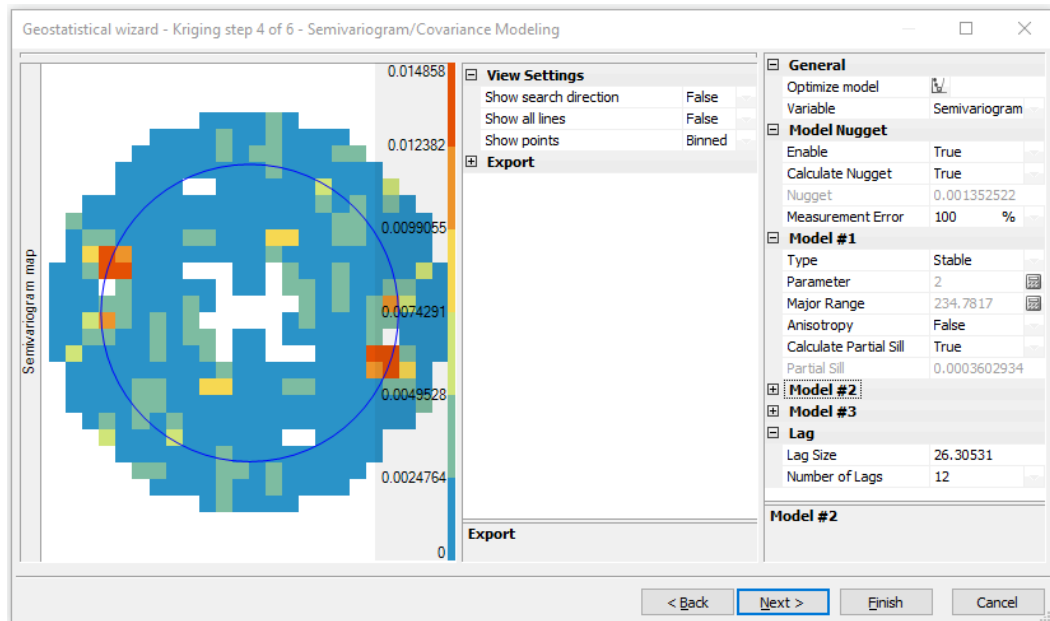
Figura N° 13. Anisotropía direccional de los datos



Fuente. Elaboración propia

Luego se da clic en *Next>*, y aparecerá la siguiente ventana.

Figura N° 14. Semivariogram / Covariance Modeling por defecto

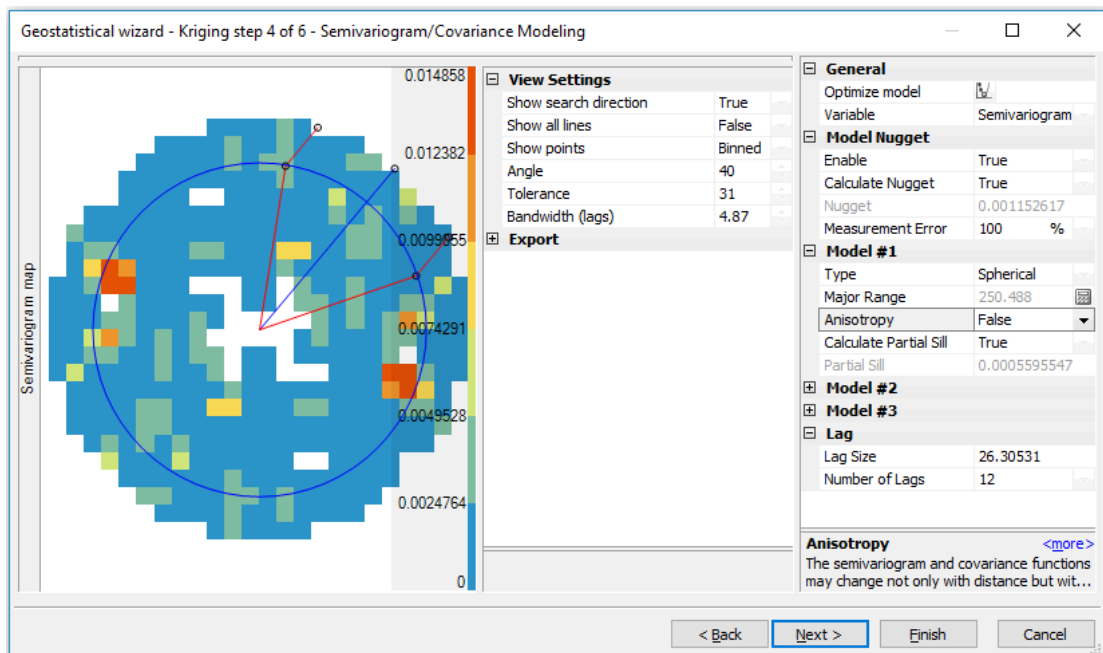


Fuente. Elaboración propia

En la ventana anterior se deberá completar las opciones con la siguiente información:

- Model: Aquí debemos elegir el modelo geoestadístico que deseemos usar para modelar los datos; para el caso del ejemplo, elegiremos el modelo *Spherical*.
- En el paso anterior concluimos que no hay anisotropía estructural, por lo tanto, debemos seleccionar *Anisotropy* → *False*.
- Se da clic en *Show search Direction*, y se habilitarán inmediatamente las opciones de más abajo, las cuales son *Angle direction* y *Bandwidth (lags)*.
 - En *Angle direction*: Se deberá cambiar el ángulo hasta que las líneas que se muestran a la izquierda de la figura coincidan con la dirección de la elipse en su parte superior.
 - En *Bandwidth (lags)*: una vez realizado el paso anterior, los puntos o parte inferior de las líneas deben cortar a la elipse, para ello se aumenta o disminuye el valor de *Bandwidth*.

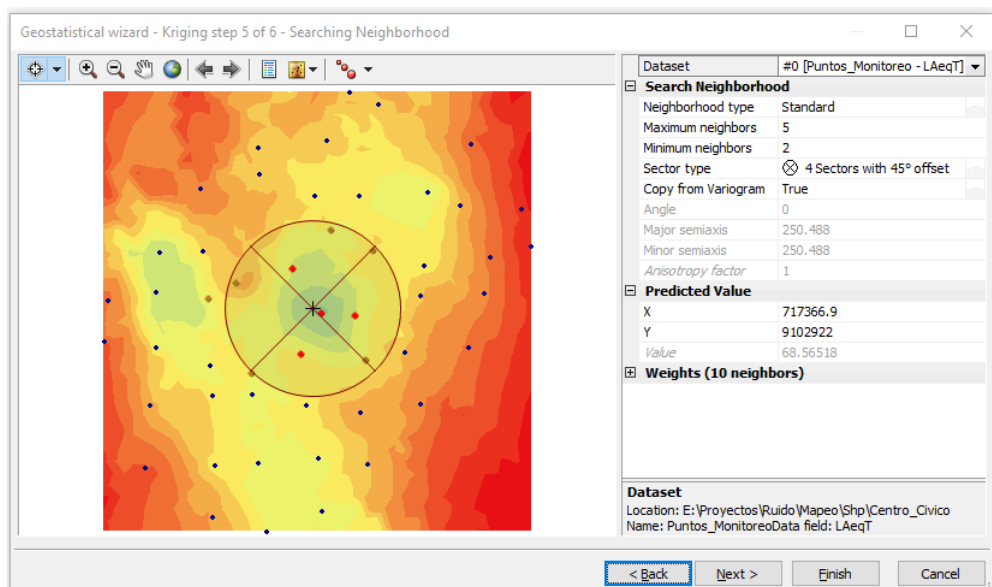
Figura N° 15. Ubicación de las líneas en el Semivariogram / Covariance Modeling



Fuente. Elaboración propia

- d. Después se da clic en *Next>*, y se mostrará la siguiente ventana.

Figura N° 16. Searching Neighborhood

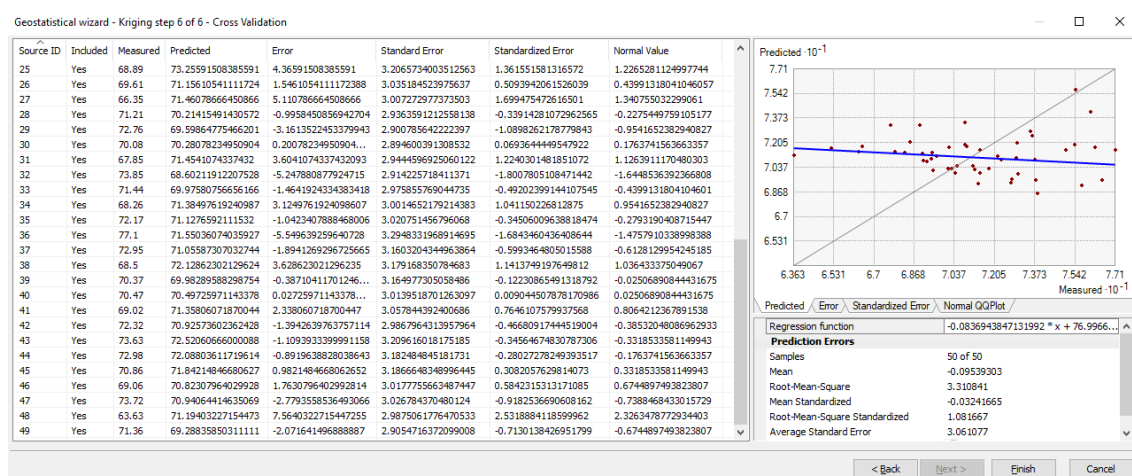
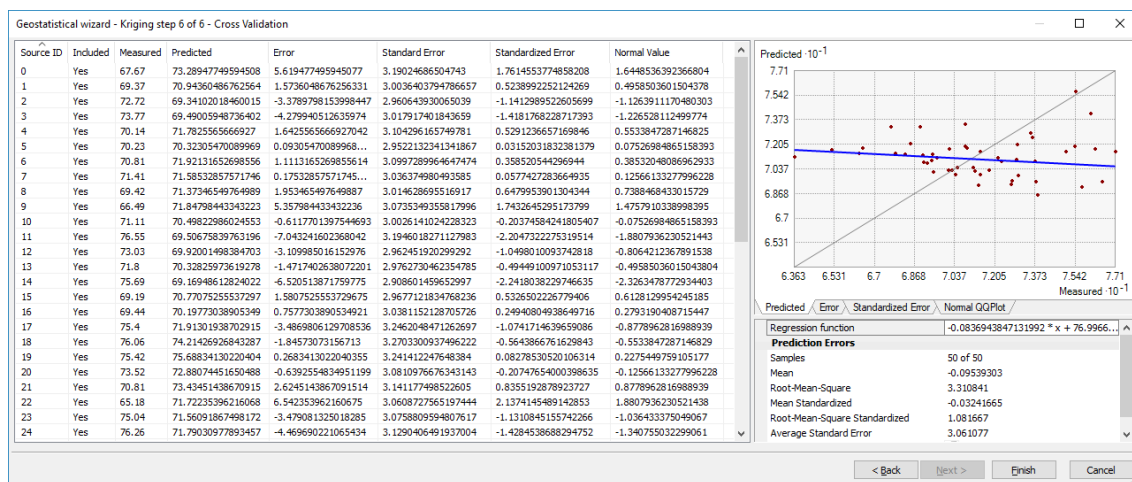


Fuente. Elaboración propia

e. Luego, se procede nuevamente a dar clic en *Next>*, y se mostrará la siguiente ventana, de la cual se rescata lo descrito a continuación:

- Un recalcu de los datos en comparación con los valores medidos para verificar obtenido.
- Cálculo de los errores
- Un gráfico de comparación de datos medidos y datos calculados, en la que se puede ver que los datos que más se alejan de la línea, son los que mayores errores presentan en su predicción.

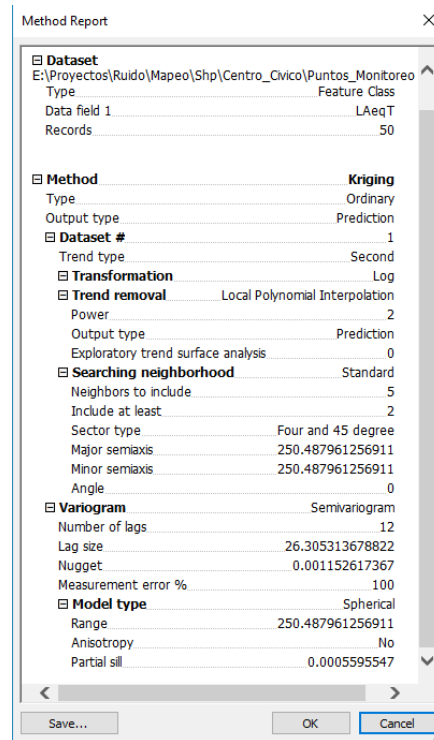
Figura N° 17. Comparación de datos medidos y datos calculados



Fuente. Elaboración propia

f. Finalmente, se da clic en *Finish* y aparecerá una ventana del resumen del método utilizado.

Figura N° 18. Resumen del método utilizado



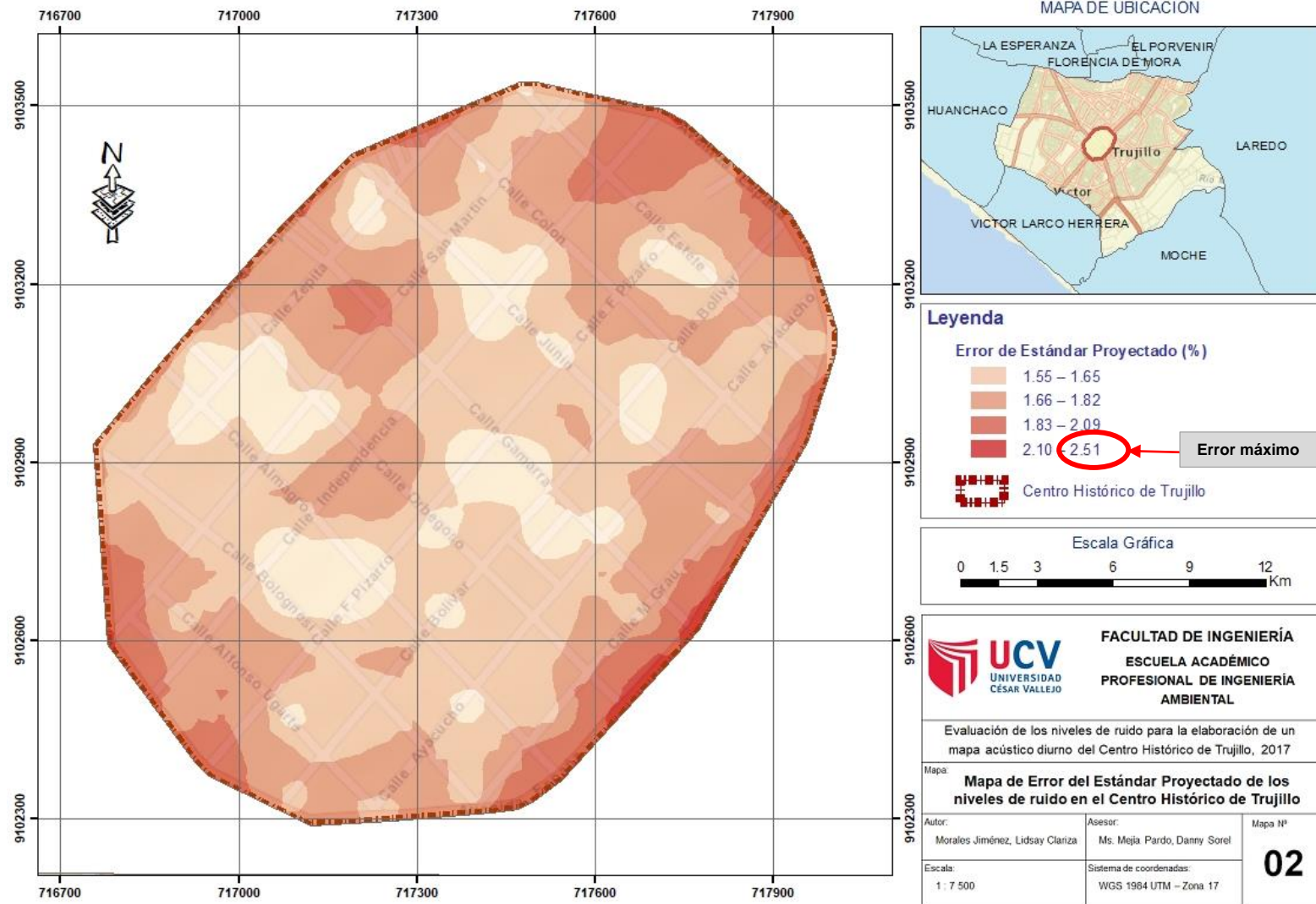
Fuente. Elaboración propia

- g. Luego, se da clic en *Ok* y aparecerá el mapa de predicción del Nivel Sonoro Equivalente Día (L_{AeqT} , D) a partir del método geoestadístico Kriging esférico.
- h. Con el paso anterior terminaría todo el procedimiento ya que se logró generar el mapa acústico, sin embargo la ventaja de los métodos geoestadísticos es que nos permite realizar un mapa de errores. Para ello, solo bastará con ir al panel navegador y dar clic derecho sobre el mapa creado y seleccionar la opción *Create Prediction Estándar error Map*. Entonces se visualizará inmediatamente el Mapa de Error del Estándar Proyectado, del cual se recataría el erro máximo para hallar la confiabilidad del modelo del mapa acústico, creado anteriormente.

Nota: Para seleccionar el modelo que mejor modela nuestros datos, es necesario aplicarles cada uno de ellos y escoger el que presente menor *Root-Mean-Square*, menor *Average Standard Error*, *Root-Mean-Square Standardized*. De la

evaluación realizada a cada tipo de modelo se seleccionó el modelo esférico por ser el que cumplió con estas condiciones.

Anexo 9. Mapa de Error del Estándar Projectado de los niveles de ruido en el Centro Histórico de Trujillo.



Fuente.

Elaboración

propia

Anexo 10. Monitoreo de ruido ambiental en el Centro Histórico de Trujillo en horario diurno.



Figura N° 19. Monitoreo de ruido en el punto 44, Jr. Miguel Grau 689.
Fuente. Propia



Figura N° 20. Monitoreo de ruido en el punto 02, Jr. Junín 324
Fuente. Propia

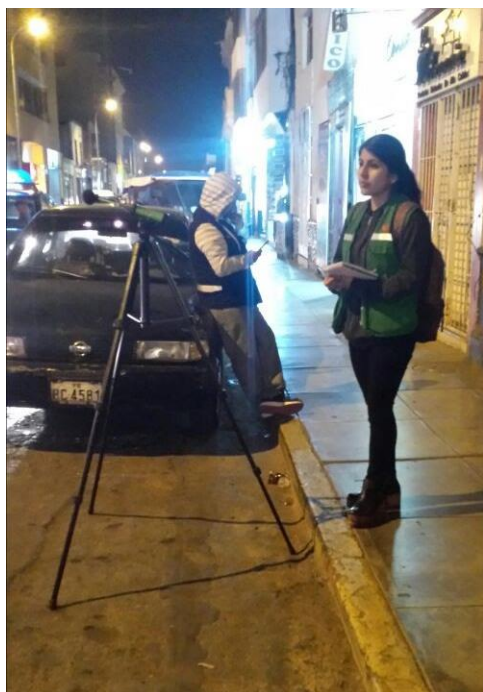



Figura N° 21. Monitoreo de ruido en el punto 48, Jr. Orbegoso 704.
Fuente. Propia



Figura N° 22. Monitoreo de ruido en el punto 06, Jr. Independencia 678.
Fuente. Propia

Anexo 11. Certificado de Calibración del sonómetro SVANTEK 957



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología
Laboratorio de Acústica


Certificado de Calibración

LAC - 162 - 2016

Página 1 de

<p>Expediente 91322</p> <p>Solicitante SERVICIO DE GESTION AMBIENTAL DE TRUJILLO SEGAT</p> <p>Dirección Av. Manuel Vera Enriquez N° 171 Urb. Jorge Chávez - Trujillo</p> <p>Instrumento de Medición Sonómetro</p> <p>Marca SVANTEK</p> <p>Modelo 957</p> <p>Procedencia POLONIA</p> <p>Resolución 0,1 dB</p> <p>Clase 1</p> <p>Número de Serie 14544</p> <p>Micrófono 7052H</p> <p>Serie del Micrófono 38906</p> <p>Fecha de Calibración 2016-11-08 al 2016-11-09</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la Metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Inter comparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
--	--

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

<p>Fecha</p> <p></p> <p>2016-11-09</p>	<p>Responsable del Área de Electricidad y Termometría</p> <p>Original Firmado por: EDWIN FRANCISCO GUILLEN MESTAS</p>	<p>Responsable del laboratorio</p> <p>Original Firmado por: HENRY DIAZ CHONATE</p>
---	---	--

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Carmelitas N° 815, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8020 Anexo 8501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe

Fuente. Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo, 2016